N° 15 15 NOVEMBRE 1938

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1910).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Diagnostic de Cancer par le choc spécifique de l'excitabilité.

Le diagnostic clinique précoce de cancer viscéral est impossible. Nous pouvons avoir des présomptions sur la nature des lésions mais jamais des certitudes. Tous les cliniciens sont d'accord sur ce sujet.

Le même résultat décevant est enregistré lorsqu'on recourt à des moyens d'investigation paracliniques. Ainsi, par exemple, le cancer précoce de l'estomac ne peut être établi ni par l'étude du chimisme gastrique, ni par la gastroscopie, ni par la radiographie, ni même par la vue et la palpation des lésions anatomo-pathologique, après laparatomie et gastrotomie! Et, je comprends le pessimisme de MM. les Professeurs Gosset et Pierre Duval qui, en critiquant les résultats obtenus par ces recherches cliniques, ont conclu : « Tel est le bilan actuel des déceptions données par certaines méthodes pour le diagnostic précoce de la lésion gastrique » cancéreuse [1].

Les résultats des « réactions biologiques » : comme la recherche de l'indice antitryptique, la déviation du complément, le choc anaphylactique, etc., utilisées pour le diagnostic de cancer, à ses débuts, n'ont jamais satisfait les cliniciens avertis.

(1) IIe Congrès international de gastro-entérologie, Paris, 13-15 septembre 1937.

C'est alors, avant la guerre, que — pour combler ces déficiences — j'ai mis en œuvre deux réactions pour le diagnostic du cancer. Elles ont cet avantage qu'elle se font à l'insu de la volonté de l'opérateur : l'une est « l'action nécrotique du sang d'homme cancéreux sur cobayes » [2], l'autre explore, directement, l'excitabilité du sujet [3].

En laissant de côté la réaction nécrotique, qui est fastidieuse, longue et coûteuse, je me contenterai, dans cet article, de parler de la réaction cérébrale de choc, réaction simple, rapide qui a l'avantage d'être exécutée en 5 minutes, au chevet du malade.

J'ai déjà démontré — dans mes deux volumes — qu'on peut arriver à poser un diagnostic étiologique, par la mesure de l'excitabilité, lorsqu'il s'agit d'une maladie qui a saisi l'excitablité générale de l'individu. Or, dans le cancer cette excitabilité est saisie et nous pouvons constater — par la mesure de ses changements quantitatifs — que l'antigène cancéreux, en inoculation déchaînante, provoque son exaltation ou son effondrement.

En cas d'exaltation, la chronaxie baisse, la pression artérielle augmente, la force musculaire augmente, l'acuité visuelle devient plus aiguë, le réflexe rotulien prend de l'ampleur, la longueur d'onde diminue, etc.

(2) S. MARBAIS. Théorie cérébrale de l'immunité et de l'anaphylaxie. premier volume 1934, page 368. Maloine, éditeur.
(3) *Idem*, page 355 et deuxième vol. 1938, p. 163 et p. 360.

Dans tous ces cas le résultat est négatif : pas de cancer.

Au contraire, nous enregistrons un résultat positif, cancer, lorsque l'inoculation de l'antigène cancéreux est suivie d'une augmentation de la chronaxie, et de la longueur de l'onde ; d'une diminution de la pression artérielle, de la force musculaire, de la sensibilité, cutanée, de l'acuité visuelle, du réflexe rotulien, etc.

Point n'est besoin, dans la pratique courante, d'utiliser toutes ces réactions à la fois. Une seule suffit, puisque les résultats des autres réactions sont superposables, à celle choisie pour le diagnostic d'un cas clinique donné.

Technique. On mesure l'état normal de l'excitabilité par un des moyens indiqués ci-dessus. On enduit, ensuite, la peau du malade avec une émulsion titrée de cancer de souris. On attend cinq minutes et on mesure à nouveau l'état de l'excitabilité. Si celle-ci diminue, il y a choc spécifique, donc cancer. Si l'excitabilité ne change pas ou si elle augmente, il n'y a pas de choc constatable, donc pas de cancer.

J'ai tiré ces conclusions après de nombreuses recherches faites sur la souris cancéreuse et normale.

J'en détaillerai un exemple :

Une souris blanche présente une tumeur grosse, comme un marron, à la fesse gauche. La chronaxie de son nerf sciatique est de 10 volts, 0 Σ 20.

Je lui instille une goutte d'antigène cancéreux de souris, dans l'oreille. Cinq minutes après nous notons : 7 volts, 0 Σ 90. La rhéobase a baissé, la chronaxie a monté : cancer certain.

On obtient le même résultat en inoculant, à la souris cancéreuse, une émulsion titrée de cancer d'homme. En voici un exemple :

Une souris cancéreuse donne 5 volts et 0 Σ 30. Cinq minutes après l'application, sur la peau de l'oreille, du cancer d'homme, sa chronaxie augmente. Elle est de 0 Σ 40. Résultat positif.

Au contraire, en inoculant aux souris, porteuses de tumeurs cancéreuses, des antigènes non cancéreux, comme la tuberculine, le gonocoque, la folliculine, la rhéobase augmente et la chronaxie diminue.

Le même résultat est obtenu lorsqu'on inocule du cancer à une souris normale, non cancéreuse.

Ces recherches préalables m'ont permis de porter mon attention sur la question du diagnostic de cancer dans la clinique humaine. J'ai choisi, pour ce sujet, de cas de cancer confirmé par l'histologie. En voici deux exemples :

Mme Lab., 70 ans, cancer ulcéré du col utérin. Sa chronaxie normale est de 255 volts et de 0 Σ 125. Cinq minutes après inoculation de cancer, la rhéobase baisse à 200 volts et la chronaxie augmente à 0 Σ 200. Résultat positif. M. le Professeur J.-L. Faure, après examen, a confirmé le diagnostic de cancer inopérable de l'utérus.

Mme Simé souffre de leucémie, diagnostiquée par M. le Professeur Sabrazès. Sa chronaxie, de 180 volts et 0 Σ 10, devient 130 volts et 0 Σ 25 sous l'action de l'antigène cancéreux. Résultat positif.

Les mêmes résultats, indiscutables, sont obtenus par la sphymoréaction cancéreuse.

Mme Mou... Pertes rouges utérines malgré la ménopause. Le 29 octobre 1935, sa pression humérale maxima est de 130 mm. Je lui badigeonne la peau de l'avant-bras avec du cancer de souris. Cinq minutes après, la pression maxima tombe à 120, ensuite à 155 et finit à 110. Résultat positif, puisque la pression artérielle est tombée spécifiquement.

M. le Dr R. Leibovici, qui, ensuite, a opéré la malade, m'écrit : « J'ai constaté que le col était bourré de kystes glandulaires volumineux ».

Une femme, de 50 ans, décharnée, souffre d'un rétrécissement de l'estomac. Sa tension maxima tombe de 115 à 110 mm. de mercure. Résultat faiblement positif. Une laparatomie exploratrice est pratiquée à la Salpêtrière, d'où je reçois le bulletin suivant : « Linite plastique inopérable ».

Ces recherches nous prouvent que la sphygmoréaction cancéreuse, comme aussi la chronaxoréaction peuvent poser le diagnostic de cancer confirmé. Je les ai appliquées sur des douzaines de malades et mon impression est qu'elles sont sans reproches. Il est entendu que pour conclure à leur certitude il faudrait qu'elles soient utilisées par des opérateurs différents dans des cliniques spéciales sur le contrôle vigilant des histopathologistes. Je me mettrais éventuellement à leur disposition.

Une question se pose pour l'avenir de la thérapeutique de la cancérose : ces réactions peuvent-elles déceler le cancer à ses débuts ? Mes recherches me permettent à répondre par l'affirmative. Plus encore : elles me permettent de poser le diagnostic de porteurs de germes cancéreux. Je reviendrai une autre fois sur cette question aussi importante qu'inattendue.

Concluons, pour aujourd'hui, que, dans le cancer il y a un virus spécifique ; que la tumeur de la souris peut servir d'antigène d'épreuve et que le diagnostic de cancer humain peut être posé, simplement et sûrement, par la sphygmomanomètre réaction spécifique.

S. Marbais,
Livry-Gargan (Seine-et-Oise).

A propos d'un récent ouvrage de chimie [1].

Chaque fois qu'on parle des problèmes de chimie, particulièrement dans les concours, il faudrait, en quelque sorte, poser la question préalable. Elle l'a été d'une façon définitive, à notre sens, par le professeur Jolibois (*Bulletin de l'Union des Physiciens*, nos 200-201, février-mars 1927). Nous voudrions pouvoir reproduire ici ces trois pages si judicieuses et à méditer par quiconque est appelé à préparer un texte de problème pour un concours. Le défaut de beaucoup de problèmes est de donner, des expériences, « une description tronquée et inexacte. Les élèves « ne peuvent réussir ces problèmes que parce qu'on « les a habitués à une espèce de catéchisme chimique « conventionnel qui est un schéma grossier et « inexact des faits, mais un guide très pratique « pour les examens, une règle du jeu. Dans combien « de problèmes voit-on en liberté des quantités exa« gérées d'ozone, des hypochlorites purs, du chlore « recueilli quantitativement à l'état gazeux, des so« lutions normales de permanganate, etc. Toutes ces « inexactitudes tiennent à une convention tacite entre « le candidat et l'examinateur pour ne pas allonger « les énoncés; de cette manière on ne dit que ce « qui est nécessaire pour l'exécution du calcul, c'est« à-dire la pièce de résistance pour mettre une note ». « Et, plus loin : « Si nous pénétrons dans le détail « nous voyons qu'en dehors des réactions industrielles « et des réactions analytiques, il n'y a, pour ainsi « dire, aucun choix. Les examinateurs qui s'écar« tent de ce domaine courent le risque de tomber « sur des réactions mal étudiées qui prêtent à des « discussions entre professeurs, même si les élèves « réussissent le problème, puisqu'il est entendu pour « eux qu'à moins de les prévenir, les réactions sont « toutes quantitatives. Et pourtant même les mieux « étudiées d'entre elles devraient comporter des pré« cautions dans la rédaction. »

Cependant MM. Charles et Martin ont pu se placer devant le fait que beaucoup de grandes écoles n'ont pas adopté les idées de M. Jolibois. Pratiquement les candidats ont à résoudre des problèmes de chimie qui supposent dans leur ensemble des connaissances précises sur des points particuliers mais aussi très étendues en surface, puisqu'ils font appel à la chimie générale, à toute la chimie et la physico-chimie. Les auteurs ont voulu rassembler la somme de ces connaissances dans un petit volume qui pourrait porter en sous-titre : *de omni re scibili... et quibusdam aliis.*

Ce livre se présente, croyons nous, très différemment de tous les recueils de problèmes publiés jusqu'à ce jour. Les six premiers chapitres (135 pages) constituent un résumé et un formulaire de tout ce qu'il faut savoir pour résoudre un problème de chimie. Les trois derniers contiennent 131 énoncés avec les solutions.

L'avant-propos sera lu avec intérêt par les élèves comme par les professeurs. On y montre en quoi consiste la difficulté pour les candidats. On y remarque fort justement que, même après quelques années de chimie, il y a trop d'incertitudes dans les connaissances et une trop grande maladresse dans leur utilisation.

On est ensuite surpris de constater que, dans un espace aussi restreint, les auteurs aient pu condenser un aussi grand nombre de données, comme on peut s'en rendre compte par ce qui suit.

Après un tableau des éléments, on trouve un rappel des unités, suivi d'une dizaine d'exercices dont quelques-uns sur les équations aux dimensions, traités d'une façon trop succincte, car il s'agit là d'une notation conventionnelle qu'il serait indispensable de préciser.

Le chapitre I commence par des recommandations sur la rédaction, très judicieuses, mais qu'il y aurait également intérêt à développer. Suit une liste un peu arbitraire de 22 principales questions auxquelles on peut avoir à répondre, avec des renvois aux numéros des 131 problèmes figurant dans les trois derniers chapitres; puis des généralités sur les réactions souvent demandées (72 numéros). Ici encore, il était difficile de les classer pour en rendre l'utilisation plus aisée; il était impossible de les ordonner logiquement, étant donnée leur variété. Les chapitres essentiels de la chimie minérale sont ensuite énumérés. Remarquons que les lois qui sont énoncées en notes au bas des pages auraient pu, sans augmentation de volume, trouver place dans le texte même (15 numéros).

Le chapitre II donne les états physiques des principaux corps, la liste des 22 corps gazeux, les formules développées et celles des radicaux, les valences.

Le chapitre III donne les formules des composés oxygénés et leurs chaleurs de formation.

Le chapitre IV énumère les réactions de l'eau, de l'iodure et de l'iodate de potassium, de l'acide sulfhydrique, de l'acide sulfurique et des sulfates, du nitrate d'argent, du chlorure de baryum.

Le chapitre V traite, dans le même esprit d'énumération, des réactions d'oxydation, de réduction, des décompositions par la chaleur, des principales réactions des gaz, des sels, de dosage, des caractères des acides et de leurs sels.

Le chapitre VI, intitulé : « *Ce qu'il faut savoir* », comprend 77 rubriques qui embrassent toute la chimie. Il appelle les mêmes remarques que plus haut au sujet de la difficulté de son utilisation. Il rappelle en mémoire les réserves de M. Jolibois.

Chapitre VII. — Problèmes de chimie minérale. Enoncés et solutions.

Chapitre VIII. — Problèmes de chimie générale et de chimie physique.

Chapitre IX. — Problèmes de chimie organique. Les solutions sont généralement très bien présentées et souvent élégantes.

En dehors des remarques générales faites ci-dessus, nous ne pouvons songer à faire un grand nombre

1. V. Charles et E. Martin : Exercices et problèmes résolus en chimie. 1 vol. in-16 de 229 pages. Gauthier-Villars. Prix : 60 fr.

de critiques de détail, auxquelles les auteurs répondraient évidemment qu'ils n'ont pu mettre dans leur livre que l'essentiel. Disons cependant que la loi de Dulong et Petit sur les chaleurs spécifiques se complète aujourd'hui d'un énoncé moderne conduisant à des applications numériques intéressantes, que la loi de Guldberg et Waage n'est énoncée que dans le cas où les coefficients numériques de la formule chimique sont tous égaux à l'unité, ce qui donne donc un énoncé au moins très incomplet.

Ajoutons que les innombrables réactions formulées dans les chapitres IV, V et VI sont toutes présentées à peu près sur le même plan. Quitte à être un peu moins complet, on se demande s'il n'eût pas mieux valu essayer de dégager les principes vraiment fondamentaux, les réactions-clefs et surtout, parmi elles, les réactions nettement et sûrement quantitatives.

Les auteurs reviennent assez souvent sur la méthode algébrique pour trouver les coefficients d'une réaction chimique. Ils font bien, au bas de la page 137, à propos des solutions de problèmes, la remarque que la méthode algébrique implique la connaissance préalable des deux membres de l'égalité. Dans ces conditions la recherche algébrique est un exercice souvent sans intérêt et parfois une preuve d'ignorance (dans le cas, par exemple, où on cherche à l'appliquer à la réaction du permanganate sur l'eau oxygénée). Là aussi, une application plus stricte de principes rationnels eut conduit à un certain allègement dans la rédaction d'une part, et, d'autre part, au point de vue pédagogique, il convenait d'insister plus utilement sur une question de principe fondamentale.

Les remarques que nous faisons ne nous empêchent pas d'admirer l'effort considérable que représente la mise au point de ce travail original. Les auteurs ont réussi, en effet, ce tour de force de ne rien omettre d'essentiel dans un livre qui fourmille de choses excellentes et qui est appelé à rendre les plus grands services aux professeurs.

Louis Zivy.

La vie latente de quelques Algues et Animaux inférieurs aux basses températures.

M. Paul Becquerel, poursuit depuis plusieurs années, de longues et patientes recherches sur la vie des micro-organismes aux basses températures. Les curieux résultats qu'il a obtenus ont fait l'objet d'un très intéressant mémoire adressé à l'Académie des Sciences (1936-**202**-978).

Des algues provenant de cultures sur papier filtre sans cendres dans des milieux synthétiques stérilisés et des terres contenant diverses algues et micro-organismes ont été desséchées graduellement dans le vide avec de la baryte anhydre, à la température de 35° pendant trois mois. Ces cultures et ces terres ont été placées dans des tubes de verre stérilisés, puis fermés à la lampe après un vide voisin de un cent millième de millimètre et enfin plongés dans de l'hélium liquide pendant sept heures et demie à — 269° et — 271°, en même temps que d'autres tubes qui contenaient des *Pleurococcus* et des *Tribonemas* ayant été desséchés en 1910 suivant la même technique et qui, à cette date, avaient subi le même traitement à l'hélium. Tous ces tubes, après vingt jours, ont été plongés, pendant quatre cent quatre-vingt heures, dans l'azote liquide à — 190°. Ensuite, les échantillons sortis des tubes ont été ensemencés dans des milieux nutritifs stérilisés. Après six mois à la lumière diffuse et à la température du laboratoire, les cultures furent étudiées au microscope : toutes redonnèrent les algues diverses et les micro-organismes du début.

Le protoplasma des végétaux et des animaux, quand il échappe à l'action de la plasmolyse pendant la déshydratation, peut donc passer de l'état semi-fluide à l'état solide, perdre sa structure colloïdale et conserver ainsi dans le vide et aux basses températures, à l'abri de la lumière pendant l'anabiose, la puissance de revivre. Il est donc possible de suspendre expérimentalement tous les phénomènes physicochimiques de la vie sans provoquer la mort.

E. Cattelain.

REVUE DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

La période s'étendant du mois de juillet 1937 au mois de juillet 1938 a été féconde en perfectionnements divers dans les méthodes et les appareils du domaine de la physique industrielle. L'examen, aussi bref que possible, que nous allons faire des travaux effectués pendant cette année nous mettra à même d'apprécier la valeur des résultats obtenus, révélateurs d'un progrès certain sur les années précédentes.

I. — Génération et transformation de l'énergie électrique.

A. La *pile hydro-électrique* n'a pas subi de modification sensible, dans sa construction, depuis notre revue du 31 octobre 1937.

A propos du mécanisme de fonctionnement de ces piles, signalons une étude récente de M. R. Cordebas, laquelle a permis à son auteur d'expliquer les singularités apparentes qui se présentent dans l'étude expérimentale de ces générateurs de courant. — Le mécanisme de la dissociation électrolytique se trouve éclairé par l'introduction de la théorie des « quanta ». Ainsi la constante de Planck : $h = 6{,}50 \times 10^{(-27)}$ ergs par seconde, et la charge de l'électron-volt : e, qui correspond à $1{,}59 \times 10^{(-12)}$ergs, ainsi que les fréquences d'excitation f_1 de l'anode, f_2 de la cathode en périodes-seconde, constituent des facteurs de la grandeur de la force électromotrice en volts, d'une pile : E, dont la formule se présente ainsi :

$$(1) \qquad E = \frac{h}{e}(n_1 f_1 - n_2 f_2)\,;$$

où n_1 et n_2 sont des nombres entiers correspondants à l'anode et à la cathode.

Pour la *pile Leclanché*, par exemple, où la cathode de zinc donne : $f_2 = 8{,}9 \times 10^{14}$; $n_2 = 2$; l'anode-oxygène : $f_1 = 2 \times 10^{14}$; $n_1 = 11$, on trouve :

$$E = \frac{6{,}50 \times 10^{-27}}{1{,}59 \times 10^{-12}} \times 10^{14}(22 - 17{,}8) = 1{,}73 \text{ volts.}$$

Or, l'application de la formule généralement utilisée, en partant de la chaleur totale dégagée dans la pile (formule de Thomson), fournit (1,47) volts; les mesures directes donnent : 1,50 volts; nous avons trouvé nous-même, en 1936 : 1,69 volts pour une pile à liquide immobilisé[1] ; ce dernier nombre est à rapprocher de celui de M. R. Cordebas, quoique obtenu par des considérations différentes.

B. *L'accumulateur au plomb* a reçu, depuis 1936, divers perfectionnements de la part des constructeurs, et dans le but d'éviter le gauchissement des plaques, et aussi la chute des matières actives.

Nous signalerons, plus particulièrement, l'accroissement du degré d'utilisation des matières actives obtenu en mélangeant aux oxydes de plomb bien pulvérisés, des grains de carbonate de plomb, — ces derniers étant fournis par l'exposition à l'air, pendant 2 ou 3 mois, de litharge très humide; — on ajoute quelquefois un peu de sulfate de mercure, et de pyridine, ainsi que de petites quantités d'émulsion d'albumine (A. Ricks). — La sulfatation est évitée en mélangeant 20 parties de minium et 1 de charbon malaxées avec de l'acide sulfurique à 24° Baumé (plaques positives), et 10 parties de litharge et 1 de charbon malaxées avec de l'acide à 12° Baumé (plaques négatives) (P. A. N. Blin).

— Les *accumulateurs légers* sont maintenant en assez grand nombre. Parmi les plus récents, signalons l'accumulateur H. G. André : la plaque positive est en métal *insoluble* (argent divisé, dans des alvéoles en argent, le tout maintenu par une feuille de cellophane); elle est pliée en zigzag, et entre les plis sont logées les plaques négatives en argent. L'électrolyte est une solution de potasse saturée de lithine, à laquelle on ajoute du zincate de potassium : le courant de charge dépose le zinc sous forme d'arborescences, la résistance intérieure est réduite; cet accumulateur convient pour les lampes électriques portatives, et les petits véhicules automobiles.

(C) Les *générateurs à haute tension*, pour les recherches sur la désintégration des noyaux, continuent à solliciter les efforts des constructeurs; parmi les machines *électrostatiques* du type Van

1. PÉCHEUX (H.) : Essai de tension des piles à électrolyte immobilisé ; *L'Electricien* du 1er septembre 1936, page 390.

de Graaf (rev. *revue* du 31 octobre 1937, page 370, pour la description de ce type), signalons un perfectionnement récent permettant, par un accroissement du diamètre du réservoir, et une élévation de la pression de l'air (10 kilogr., au lieu de 3 par centimètre-carré), d'obtenir une tension maxima de 2.500 kilovolts, au lieu de 750, avec une tension de régime de 2.160 kilovolts; — le réglage de la tension étant fait comme nous l'avons indiqué dans l'article précité.

Un *nouveau dispositif*, pour le même genre d'applications aux recherches d'atomistique, vient d'être réalisé par la *Société Philips*, d'Eindhoven (Hollande); il fournit une tension continue de 1.700 kilovolts.

La figure 1 permet d'en comprendre *le principe*; sur le circuit du secondaire d'un transfor-

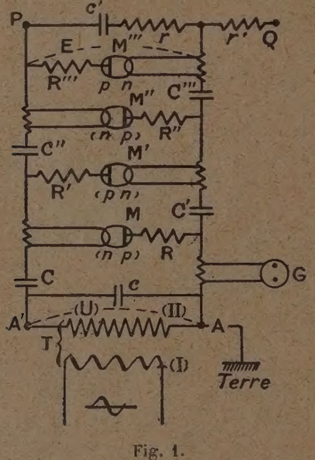


Fig. 1.

mateur T, fournissant U = 100 kilovolts aux bornes, se trouvent les condensateurs C, C', C'', C''', et les valves (à vapeur de mercure, et avec cathodes à oxydes) M, M', M'', M''', dont les électrodes alternent d'un étage à l'autre; il est facile de comprendre que l'on obtiendra sur la 4e valve M''' une *tension continue* : $E = 4 \times 100 = 400$ kilovolts; avec un 2e dispositif semblable, à valves inversées, et donnant (— 400) kilovolts par rapport à la Terre, — réuni *en série* avec le précédent, — on obtiendra 800 k.-v.; enfin le montage de 4 de ces dispositifs (huit étages, seize valves), donnerait 1.600 kv.

La machine d'Eindhoven ainsi constituée fournit exactement 1.700 kv. avec un courant de 4 milli-ampères seulement. Les condensateurs ont une capacité de 1 centième de microfarad; les cathodes *n* des valves sont chauffées par le courant d'un générateur G à haute fréquence (750 mille pér.-séc.), donnant 0,7 ampère et superposé sans inconvénient, à la haute tension du transformateur T; la bobine (*r'*) empêche le passage du courant H. F. dans le circuit d'utilisation.

— Le *Cavendish Laboratory* (Université de Cambridge) est pourvu d'un générateur analogue (6 étages) donnant 1.250 kilovolts.

— Le *cyclotron* est un appareil utilisé dans les recherches sur les transmutations de la matière : il a été décrit par M. H. Volkringer dans sa revue de physique de 1938 (*Rev. Gén. Sciences*, du 31 mai; page 266), à laquelle nous renvoyons le lecteur.

II. — Mesures électriques.

A. Les *résistances d'ordre très élevé* (supérieures à 1 mégohm), telles que celles des matériaux isolants, sont mesurées actuellement par la méthode dite *d'accumulation*; on charge un condensateur de capacité C sous une tension V convenable, à travers la résistance inconnue R, pendant un temps déterminé t; puis on le décharge dans un galvanomètre balistique de constante K, pourvu d'un shunt de pouvoir multiplicateur S; on obtient une *élongation* δ; la résistance R est donnée, si r est la résistance (très grande) du condensateur, par la formule :

$$(2) \qquad R = \frac{Vt}{K\delta S}\left(1 - \frac{t}{2rC}\right),$$

pour les valeurs supérieures à 10.000 mégohms.

Si la résistance à évaluer est comprise entre 100 et 10.000 mégohms, on se contente de la formule réduite :

$$R = \frac{Vt}{K\delta S}.$$

La durée d'application du courant est de 1 minute, en général.

Le circuit est alimenté par un convertisseur à courant continu, pourvu d'un filtre, et d'un rhéostat de réglage de la tension, et alimenté par une batterie d'accumulateurs.

— Enfin, pour les résistances voisines de 10 mégohms, et *au-dessous*, on utilise la méthode *directe* : résistance disposée en série avec un galvanomètre ordinaire shunté; si U est la tension appliquée à la série, R la résistance, k la constante du galvanomètre, S le pouvoir multiplicateur du shunt, et α la déviation du galvanomètre, on a :

$$R = \frac{U}{kS\alpha}.$$

B. La mesure des *tensions* de l'ordre de 1 centième de volt est effectuée avec une sensibilité suffisante, à l'aide du *voltmètre thermoïonique* de J. H. Reyner, réalisé par une valve thermoïonique

à caractéristique de grande pente, à tension de grille nulle, et sans charge anodique; une batterie fournit la tension d'anode; cette valve fonctionne en redresseur sur la caractéristique de grille; le voltmètre est étalonné pour fournir des centièmes de volt.

C. On mesure l'*intensité* des courants à *haute fréquence* à l'aide de couple thermo-électrique pourvu d'un ruban compensateur attaché à l'extrémité froide du couple, de façon à obtenir une compensation de la température avec le fil chaud. Si R est la résistance de l'élément chauffant et I l'intensité du courant à basse fréquence (50 à 60 pér.-seconde), et R' et I' les mêmes grandeurs à haute fréquence (3 millions de périodes-seconde); on a : $RI^2 = R'I'^2$; d'où :

$$I' = I\sqrt{\frac{R}{R'}} \quad (3)$$

formule qui fournit le courant (I'), quand l'appareil a été étalonné à basse fréquence et connaissant les résistances R et R' du fil chauffant; le couple est relié à un ampéremètre.

Pour des fréquences d'un ordre plus élevé (100 millions de périodes-seconde), il faut effectuer une correction; — la résistance du fil chauffant (de platine) est alors 2,57 fois plus grande qu'aux basses fréquences.

III. — Radioélectricité.

Les difficultés économiques actuelles n'ont pas permis la fabrication de postes récepteurs nouveaux; les efforts des constructeurs se sont portés surtout sur le perfectionnement des organes de récepteurs (résistances, bobinages, condensateurs) et principalement sur la fabrication des *lampes*, pour lesquelles des progrès appréciables sont à constater. — *a*) Tout d'abord, il a été procédé à la *normalisation* des circuits oscillants et des bobinages; pour les petites ondes (de 195 à 565 mètres) la moyenne fréquence s'étend de 137 à 472 kilohertz; celle-ci présente les mêmes limites pour les grandes ondes (800 à 2.000 m.) et les ondes courtes (18 à 90 m.); quant aux bobinages à haute fréquence, l'inductance adoptée est 0,18 millihenrys (petites ondes) et 2,04 millihenrys (grandes ondes); la capacité répartie est 18 millièmes de microfarad (petites ondes) ou 28 m. μ f. (grandes ondes); — les bobines sans noyau de fer continuent à être adoptées pour les circuits d'accord et d'oscillation; et les bobines à noyau donnent un gain d'amplification en moyenne fréquence (de 68 % en général); quant aux *condensateurs*, il faut distinguer les condensateurs *ajustables* de faible capacité et à air dont sont munies individuellement les bobines; les condensateurs *variables à air* utilisés dans les récepteurs à commande unique (3 ou 4 éléments montés dans un bloc protégé par un carter, les armatures mobiles étant calées sur le même arbre, avec normalisation de 15 à 460 millièmes de microfarad, le profil des lames étant un demi-cercle, à axe excentré); les condensateurs à *capacité fixe*, constitués de préférence par une lame de mica à faces métallisées au cuivre recouvert d'argent, et protégée extérieurement par bakélite ou émail; en empilant les lamelles, on obtient des capacités de 10 à 200 millièmes de microfarad; les condensateurs *électrolytiques* conviennent à la filtration (bien que les pertes soient 10 fois plus élevées que dans les condensateurs au papier, et qu'elles augmentent avec la fréquence); on a réalisé des progrès sérieux en ce qui concerne les tensions de service : 1.000 volts pour 4 microfarads; 600 v. pour 8 μ f; et l'isolement qui atteint 2 à 3 mille mégohms par microfarad (types isolés au papier). Pour la *télévision*, on construit des condensateurs de filtration de 10 à 25 centièmes de microfarad pour tensions de 6 à 9 mille volts.

— *b*) Les *contacteurs*, pour les changements de gammes de longueurs d'onde, sont *à lames* (à pointes en argent), commandées par cames calées sur l'arbre de manœuvre; ou à *plots* rotatifs constitués par galets montés sur un axe; chaque galet porte, disposés en couronne, les contacts en argent correspondant à 2 circuits (5 positions), 3 circuits (4 positions), 4 circuits (3 positions), avec support isolant en bakélite.

— Le *cadran* (gradué en longueur d'onde, ou en noms de stations) est toujours solidaire du bloc des condensateurs (d'accord, et d'oscillation); la meilleure commande est obtenue par engrenages, avec chaîne de transmission.

c) Les *lampes nouvelles* sont construites de manière à éviter les *parasites* spéciaux auxquels elles

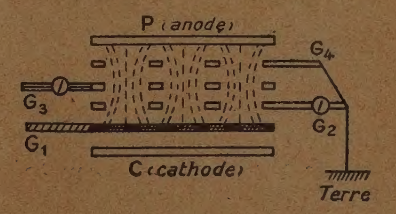


Fig. 2.

donnaient lieu dans les précédents types (sifflements, chuchotements) : on réalise actuellement 1° les lampes à *parcours électronique commandé* : le flux électronique est canalisé entre les barreaux des grilles par le dispositif adopté dans la lampe de la (fig. 2) : les électrons attirés par la grille-

écran G_3, et repoussés par la grille G_2 se concentrent en faisceaux, et ne peuvent être happés par la grille G_3, à leur passage; les courants de grille G_3 et (G_2 G_4) sont faibles : le bruit de souffle est considérablement réduit (de 40 à 60 %); cette lampe convient aux longueurs d'onde inférieures à 80 mètres; c'est une penthode amplificatrice, pour haute fréquence; 2° les lampes à *émission électronique dirigée*, que l'on construit en *octodes*, pour alimentation par courant alternatif, ou pour récepteur à tous courants; les électrodes sont concentriques; la grille G_1 (fig. 3) est un bobinage de spires sur 4 tiges; G_2 est formée de 2 réflecteurs symétriques; G_3, de 2 parois métalliques en

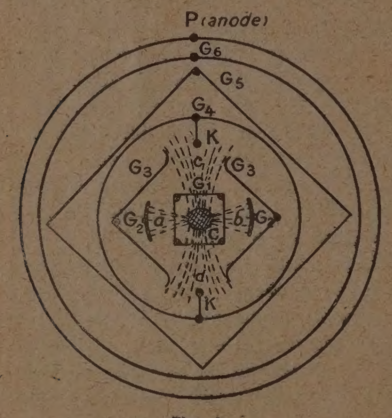


Fig. 3.

forme de V; les 3 autres (G_4, G_5 et G_6) sont bobinées, la seconde carrée, les 2 autres circulaires; l'anode P est circulaire; la cathode C émet 4 faisceaux d'électrons : *a*, *b* attirés par les 2 éléments de G_2 (fonctionnant comme anode) : on a ainsi une *triode oscillatrice*. Les faisceaux *c*, *d* constituent l'élément *modulateur*, et sont séparés par les tiges K, supports de la grille G_4. On obtient, avec ce type de lampe, outre l'indépendance de l'oscillation et de la modulation, la réduction du glissement de la fréquence (surtout pour les ondes très courtes), et l'accroissement de l'amplification pour les mêmes ondes;

3° Les lampes à *caractéristique basculante*, ou à glissement de tension d'écran, dans lesquelles, pour diverses valeurs de tension de grille-écran, on obtient des portions de caractéristique du courant anodique qui se raccordent en une courbe enveloppe, laquelle paraît ainsi « basculer », cette penthode sert au réglage automatique de la modulation.

d) Un *oscillateur à lampe* spécialement agencé permet de fournir des ondes ultra-courtes (5 mètres au plus), donc de très haute fréquence, il se compose (fig. 4) d'une triode V dont la tension plaque vaut 300 à 400 v.; des bobines de *choc*, de quelques tours de spires, sont en (S S), et (*s s*) sur les circuits de haute ou de basse tension; les selfs de plaque (*l*) et de grille (*l'*) sont des demi-spires; ou condensateur C de 2 millièmes

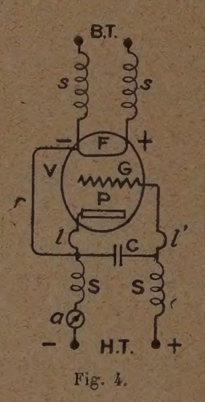


Fig. 4.

de microfarad (au mica) laisse passer la haute fréquence; le fil *r* ferme les circuits sur l'extrémité (—) du filament F; l'accrochage des oscillations est contrôlé par le milliampèremètre *a* dans le circuit-plaque. La longueur d'onde produite est mesurée à l'aide d'une boucle de Hertz avec lampe-indicatrice de résonance (*ondemètre*).

IV. — Radiographie.

Le plus puissant tube à rayons X (de la Metropolitan Vichers) qui existe actuellement se compose d'un tube d'acier de 35 centimètres de diamètre, à double extrémité, alimenté par 2 générateurs à courant continu à haute tension (un à chaque extrémité) donnant l'un 600 kilovolts au-dessus du potentiel de terre (positif), l'autre 600 kv. au-dessous (négatif) et un courant de 10 milliampères; l'alimentation est fournie par un transformateur fournissant sous 150 kv. un courant alternatif redressé et amplifié par un ensemble de 4 lampes redresseuses à évacuation d'air et 2 blocs de condensateurs de haute capacité; la tension totale à la sortie du générateur (entre la cathode et l'anticathode) est fournie par voltmètre totalisateur à lecture directe.

L'anticathode est un disque en or enchâssé dans une tête de cuivre refroidie par l'eau d'un radiateur; la cathode est constituée par 6 filaments montés sur une tête hexagonale tournant à travers un joint à vide, et mis en service l'un après l'autre; le courant de chauffage est donné par une génératrice montée sur la colonne de support de la cathode; le tube est vidé d'air continuellement

pendant le fonctionnement à l'aide de pompes à huile; on obtient un vide de 1 millième de micron de mercure. Des isolements soignés, des joints étanches assurent la sécurité du fonctionnement.

Ce tube, qui sert au traitement du cancer à l'hôpital Saint-Bartholomew, à Londres, fournit un faisceau de rayons X très pénétrants, suffisamment intenses, de longueur d'onde inférieure à celle des rayons gamma du radium. La tension peut passer de 250 à 1.000 kilovolts, selon les conditions de traitement à appliquer. On évite les rayons X vagabonds à l'aide de parois en briques de baryum dans la salle de traitement et celle des appareils; la portion du tube qui traverse la salle de traitement (tube fixe à cause de son poids énorme) est entourée par une gaîne tournante en acier, remplie de grenaille de plomb, et ne présente qu'une ouverture pour la sortie des rayons X, en face de l'anticathode; quand il n'y a pas de traitement, un bloc de plomb de 13 centimètres d'épaisseur se trouve disposé en face de l'ouverture; un diaphragme de plomb limite la sortie des rayons. Le plancher mobile de la salle permet de placer le malade à la distance voulue du tube lequel demeure toujours fixe. Des microphones permettent au malade, et à l'opérateur situé dans la salle de contrôle de communiquer entre eux.

V. — Télévision, télécinématographie, et téléphotographie.

a) La *télévision* va faire un nouveau pas en avant, avec l'utilisation *très prochaine* du nouveau poste émetteur de la Tour Eiffel dont les organes seront les mêmes que ceux décrits antérieurement (revue de 1936, du 15 mai, pages 260 à 270), mais plus puissants; la puissance du poste sera de 30 kw. Les émissions seront essayées selon plusieurs procédés, mais avec la même définition de 455 lignes, et une bande de fréquence de 2 millions et demi de périodes-seconde. La transmission des sons s'effectuera également sur ondes très courtes (10 à 12 mètres), il sera possible d'employer une partie commune des récepteurs à la fois à la réception des images, et à celle des sons correspondants.

Pour la *télécinématographie*, l'on étudie les systèmes de transmission qui permettront d'accroître l'intérêt des programmes diffusés.

La station (au bas) et l'antenne (au sommet de la Tour) seront reliées par une ligne de 405 m. de longueur, avec un diamètre de 12 cm.; ce câble, semi-flexible, en tubes de cuivre et protégé par une gaine de fil d'acier torsadés, est monté par tronçons, soudés les uns aux autres. Quant à la portée, elle ne semble pas devoir dépasser 80 kilomètres; on pense établir, ensuite, des stations-relais régionales. Dans les conditions actuelles, de la transmission par ondes hertziennes, et pour ne pas brouiller les transmissions radiophoniques (sur longueur d'onde supérieure à 100 m.), l'on adopte pour la télévision la longueur d'onde de 6 à 7 m., correspondant à une fréquence de 50 à 43 millions de périodes-seconde.

b) Un progrès important a été obtenu en utilisant la modulation de la lumière par les *ultra-sons*; par cette méthode on obtient une amélioration considérable de la luminosité, et la possibilité de projeter sur une grande surface, avec une brillance comparable à celle des récepteurs à tubes cathodiques. Le dispositif mécanique de balayage est remplacé par celui qui utilise la propagation d'une onde ultrasonore dans un liquide placé sur le trajet du faisceau lumineux, avec une vitesse de propagation de 100 mètres-seconde.

c) Un nouveau dispositif de *télécinématographie* comporte comme émetteur un appareil de projection cinématographique ordinaire; l'image est explorée par un disque de Nipkow donnant un balayage de l'image suivant des lignes entrelacées; un émetteur d'images et un émetteur de sons alimentent chacun une antenne distincte fonctionnant en demi-onde; à la réception, les 2 ondes sont captées par la même antenne; après la séparation des 2 émissions, et leur amplification, un tube cathodique, et un haut-parleur reproduisent respectivement les images et les sons.

d) Comme *organes spéciaux*, nécessités par les hautes fréquences de télévision, citons une diode servant de deuxième détectrice dans les récepteurs hétérodynes de télévision, et une penthode de basse-fréquence avec très faibles capacités entre électrodes et connexion de grille au sommet. L'alimentation des tubes cathodiques utilise une valve redresseuse débitant 2 m. a. sous 5.000 volts; une autre débite 20 m. a. sous 2.500 volts.

Un nouvel *oscillographe* à rayons cathodiques (type Mazda), est à déviation électrostatique et chauffé sous 6,3 volts; le tube fonctionne sous la tension anodique de 250 à 500 v.; diamètre d'écran : 3 centimètres; hauteur : 14,5 cm.; capacité entre grille de commande et électrodes : 10,5 millièmes de microfarad; entre les plaques de déviation : 4 millièmes de microfarad [2].

e) Un nouveau dispositif *téléphotographique* (transmission de photographies *par fil*) est utilisé aux Etats-Unis (U. S. A.) où il relie 26 villes;

2. Revoir, pour la description d'un oscillographe cathodique. *Revue de phys. industrielle* 1937 (*R. G. Sciences* du 31/10 1937, p. 373, fig. 4).

voici ses caractéristiques : les images sont explorées par un faisceau lumineux réfléchi dont l'intensité varie périodiquement, à l'aide d'une valve commandée par un courant porteur (2.400 pér. sec.) utilisé pour la transmission; le faisceau est reçu par une cellule photoélectrique. Dimensions du champ d'images : 43 cm. sur 28 cm., qui conviennent très bien pour la transmission de *tableaux de nombres*; le champ étant exploré à raison de 100 lignes par 2,5 cm., à la vitesse de 51 centimètres par seconde, la transmission est faite à raison de 2,5 cm. d'image par minute, mesurés le long de l'axe du cylindre d'images; la fréquence des signaux relative à la vitesse d'exploration peut atteindre 1.000 pér. seconde. L'oscillateur est commandé par un diapason dont la fréquence est maintenue constante; et un signal (dû à un émetteur spécial), provoque le démarrage simultané de tous les appareils, transmetteurs et récepteurs.

VI. — Télégraphie; téléphonie; enregistrement et reproduction des sons.

a) On peut employer actuellement les lignes de transmission d'énergie à haute tension pour les *communications téléphoniques*, en prenant soin d'intercaler entre la ligne et l'appareillage téléphonique des condensateurs CC dont la capacité soit suffisante pour laisser passer le courant modulé dans la ligne L, et arrêter le passage du courant industriel dans les appareils téléphoniques (fig. 5).

Une forte amplification, à la réception, compense l'affaiblissement de la *tension* dû aux effets de dérivation entre conducteur et sol (tension d'émission : 50 volts).

On voit sur la figure, la ligne L de transmission; des bouchons B (bobine d'inductance et

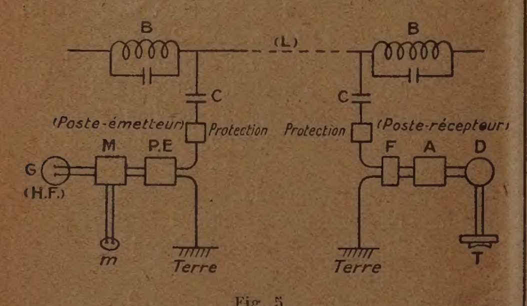


Fig. 5.

condensateur en parallèle) pour écarter les courants téléphoniques des dérivations étrangères au service; le poste émetteur P. E.; le générateur G à haute fréquence, le modulateur M relié au microphone parleur *m*; et au poste récepteur : le filtre F, l'amplificateur A, le détecteur D avec le téléphone récepteur T.

En décrochant T, l'onde porteuse est lancée dans la ligne, et provoque le fonctionnement de relais qui règlent l'amplification.

b) L'*enregistrement des sons* se fait sur films cinématographies (cinéma sonore), ou par d'autres procédés quand il s'agit de reproduire exclusivement une conférence ou un concert musical.

En ce qui concerne le film sonore, la question est résolue depuis quelques années déjà; nous tenons à signaler cependant la méthode qui consiste à reproduire les sons sur films de 16 mm. de largeur, plus économiques, alors que les films sonores normalisés ont une largeur de 35 mm. On rencontre des difficultés en raison de la vitesse, beaucoup plus lente, de déroulement du film de 16 mm. et qui ne permet pas d'enregistrer directement des fréquences supérieures à 5.000 pér. sec.

Le meilleur résultat, au point de vue des caractéristiques de fréquence, est obtenu en effectuant le report par voie optique, de la modulation d'un film de 35 mm. : un système d'anamorphoseurs et de lentilles cylindriques transporte la modulation du film à grande vitesse sur le film étroit, en réduisant la longueur et l'épaisseur de la ligne lumineuse; un dispositif de prismes assure le report de l'image des modulations, les 2 films se déroulant, — à l'aide de poulies, — à des vitesses exactement proportionnelles entre elles; une cellule photo-électrique, disposée derrière le film étroit, contrôle la qualité.

VII. — Photoélectricité.

Nous avons dans notre précédente *revue de 1937*, examiné le fonctionnement des cellules *émissives* (utilisées en télévision) et des cellules *à couche d'arrêt*, employées comme intégrateurs de lumière, et dans les luxmètres photoélectriques. Voici un type de cellule plus récent :

a) La cellule émissive *à émission secondaire* est employée en télévision et dans la reproduction des sons; elle est très sensible, et d'un fonctionnement très stable. Elle se compose de 3 électrodes dans une ampoule *à vide*; une cathode primaire (couche d'argent déposée sur moitié de la surface de l'ampoule), émet sous l'action de la lumière des électrons qui viennent frapper une cathode secondaire (tube d'argent au centre de l'ampoule); on obtient une nouvelle émission, plus importante que la première et recueillie sur l'anode (spirale de molybdène entourant le tube d'argent). L'anode et la cathode secondaire sont portées à un potentiel positif par rapport à la cathode primaire; la

tension entre cathode primaire et anode vaut de 500 à 800 volts; entre les 2 cathodes, elle varie de 375 à 600 volts. Emission primaire : 40 microampères par lumen; rapport des émissions : 5 pour une tension primaire de 200 volts; elle *croît* avec cette tension. L'absence de gaz dans l'ampoule réduit le bruit de fond.

b) Nous avons indiqué, antérieurement, l'emploi de la cellule à couche d'arrêt dans la construction des *luxmètres*, et décrit le luxmètre du type L. M. T.[3]. Nous avons essayé récemment, un luxmètre de ce type à la détermination des éclairements dus à une surface sphérique brillante (hémisphère céleste) à une surface plane brillante (mur ou plafond), ou à un foyer de faibles dimensions (lampe électrique). Mais l'exposition d'un tel luxmètre dans une salle éclairée fournit un éclairement brut, mal défini puisqu'il est dû non seulement à la source éclairante mais aux surfaces diffusantes de la salle; pour obtenir un éclairement bien défini, se rapportant à une surface brillante déterminée, il faut limiter le champ d'admission du flux sur la surface sensible, pour que celle-ci ne reçoive que les radiations de la surface brillante examinée. A cet effet, nous avons disposé le luxmètre dans une chambre noire pourvue de diaphragmes calculés pour obtenir le résultat cherché. De plus, pour pouvoir évaluer des éclairements allant de 500 à 30 mille lux (comme ceux que fournissent le soleil, ou l'hémisphère céleste) nous avons étendu l'échelle de 500 (limite des mesures dues au luxmètre seul) à ce nombre supérieur par l'emploi de plaques translucides dont nous avons mesuré au préalable le pouvoir absorbant à diverses températures de la source éclairante.

En ce qui concerne les *lumières colorées*, les résultats obtenus avec les deux luxmètres nous ont montré la *plus grande sensibilité* du luxmètre à cellule photoélectrique (L. M. T.) pour les couleurs monochromatiques : le maximum de sensibilité (la même pour les 2 appareils) a lieu pour le *jaune* de la lampe Yvel (ampoule de verre jaune au sulfure de cadmium). La figure 6 reproduit les diagrammes des *éclairements* obtenus en lux, et en fnction des longueurs d'onde en microns dans les *mêmes conditions*, avec les deux luxmètres; l'écart est surtout sensible pour les couleurs bleue et verte.

c) Parmi les *applications nouvelles* des cellules photo-électriques, nous citerons :

1° La *mesure du temps et de la vitesse* des véhicules, sans perturbations de la circulation : deux barrages lumineux agissent sur des cellules photoélectriques, le premier provoquant la décharge d'un condensateur, le second arrêtant cette décharge : la différence entre les tensions du condensateur (mesurées par un voltmètre à triode), aux deux instants correspondants, donne une mesure directe de la vitesse pour l'écart entre les barrages lumineux; on apprécie ainsi des vitesses élevées, de 36 à 100 kilomètres-heure, pour une distance de 1 mètre entre les deux barrages lumineux; l'appareil est étalonné en relevant au préalable, le graphique des tensions de décharge en fonction du temps;

2° La *mesure des températures*, à l'aide du *pyromètre photoélectrique* constitué par une cellule (tube à vide) contenue dans un boîtier en fonte muni d'un système de lentilles servant à concentrer, sur la cellule, les rayons du corps chaud dont on veut évaluer la température; cette cellule est pourvue de diaphragme servant à faire varier le flux reçu; le courant de la cellule est amplifié par un tube penthode, avec potentiomètre de réglage pour obtenir la tension de grille; le courant de plaque traverse une résistance en série avec l'appareil de mesure (milliampèremètre). On étalonne l'appareil à l'aide de la courbe relevée au préalable, et qui fournit les températures (de 1.600 à 3.000 degrés) en fonction de la sensibilité de la cellule.

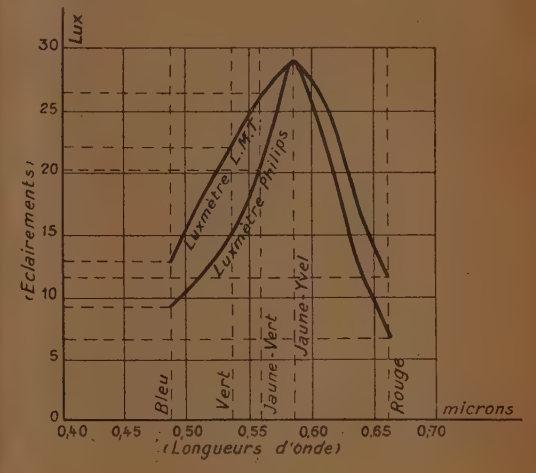


Fig. 6.

VIII. — Eclairage électrique chauffage électrique.

A. — *Eclairage.* Dans le domaine de l'éclairage électrique, les efforts des chercheurs ont toujours pour but l'accroissement du *facteur d'efficacité* (nombre de lumens par watt de puissance

3. *R. G. Sciences* du 31 oct. 1937, pages 374 et 375.

consommée); en ce qui concerne la lampe à incandescence, nous avons indiqué antérieurement (Revue du 31 octobre 1937) les progrès intéressants déjà réalisés, à ce point de vue, par la nouvelle lampe au krypton et au xénon; — mais c'est avec les lampes à vapeurs métalliques conductrices qu'on obtient les meilleurs résultats, — ainsi qu'avec les toutes récentes *lampes fluorescentes*.

a) La lampe à *vapeur de mercure* (à haute pression), — décrite dans *R. G. S.* du 31 oct. 1937, page 376 — a permis d'obtenir un facteur d'efficacité de 50 lumens-watt; — ajoutons que la lampe à *vapeur de sodium*, déjà ancienne, donne un facteur d'efficacité égal à celui de la précédente, en même temps que des radiations particulièrement sensibles à l'œil.

Des essais récents ont montré l'intérêt qui est offert par la combinaison d'une lampe à vapeur de mercure avec une lampe à vapeur de *cadmium* ou de *zinc*; ces métaux présentent, en effet, dans leur spectre, une raie rouge nette, quelques raies minces dans le bleu, mais rien dans le vert et le jaune; la combinaison des lampes à vapeurs : mercure et cadmium, ou mercure et zinc, fournira donc un spectre voisin de celui de la lumière solaire.

b) La *nouvelle lampe fluorescente* (d'origine américaine) renferme, dans son ampoule de verre, une trace de mercure, une petite quantité d'argon à basse pression, et une couche de poudre fluorescente. Si on établit le courant, l'argon sert de « démarreur »; et, en une fraction de seconde, l'on voit apparaître une faible lumière bleue, en même temps qu'une forte proportion de radiations ultra-violettes (invisibles) est engendrée; ces radiations frappent la matière fluorescente et l'on obtient une lumière qui dépend évidemment de la poudre utilisée : *bleue*, avec le tungstate de magnésium ou de calcium, l'anthracine; *bleu violet*, avec le manganèse et l'argent; *bleu-vert* avec le sulfure de zinc; *orangée* avec les sulfures de zinc et de cadmium, ou la rhodamine; *rouge* ou *rose*, avec le silicate de cadmium. On construit actuellement des lampes de 15 à 30 watts seulement; la source de lumière est la vapeur de mercure à basse pression excitée par la décharge d'un arc entre des électrodes à revêtement, et les radiations ultra-violettes invisibles (ultra-courtes : de 0,25 à 0,36 micron) qui composent la plus forte partie du spectre de cette vapeur, frappent la couche fluorescente interne, et se transforment en radiations de longueur d'onde comprise entre 0,4 et 0,75 micron lesquelles traversent alors l'ampoule (spectre visible). La *couleur résultante* obtenue, selon la nature et la proportion de matière fluorescente, présente un facteur d'efficacité de 22 (rose), 32 (blanche) et 60 (verte) : la plus élevée.

La décharge est maintenue, dans la vapeur de mercure, avec une dépense faible d'énergie électrique et l'énergie calorifique dissipée est faible elle-même; de sorte que le rendement est supérieur à celui des autres lampes fluorescentes. Consommation : 0,27 à 0,30 ampère sous 63 à 115 volts; soit 15 à 30 watts (même ordre); la durée serait de mille heures en moyenne.

c) Les *lampes à incandescence à basse tension* — d'après les études de M. Luigi Morati, — présentent une lumière très blanche et donnent lieu à un facteur d'efficacité bien supérieur à celui des lampes sous la tension habituelle de 110 à 140 volts.

L'auteur a obtenu, pour 2 lampes du même type, l'une sous 20 volts, l'autre sous 160 volts, — et pour une même puissance, 15 watts par exemple, un accroissement du flux lumineux de 55 pour cent en faveur de la basse tension; cet accroissement *diminue* quand la puissance augmente; il n'est plus que 45 pour cent à 40 watts, 38 pour cent à 75 watts; 35 pour cent à 100 watts.

On utilise pour l'éclairage des tramways, des lampes à bas voltage (36 volts; 25 watts), disposées en série (quinze sous 550 volts); le filament, robuste, en forme de V, est au tungstène, en atmosphère gazeuse; chaque lampe est munie d'une bande d'aluminium (dans le culot) qui la place en court-circuit lors de la rupture du filament, — ce qui assure le fonctionnement des autres lampes de la même série —. Ces lampes présentent les avantages indiqués plus haut, pour la lampe de 20 volts (meilleur rendement lumineux).

d) L'emploi de la *lumière polarisée*, dans les véhicules automobiles, permet d'éviter l'éblouissement; — la lumière, produite par les projecteurs, est polarisée dans un plan, et le conducteur du véhicule observe sa route à travers un écran analyseur disposé de façon à intercepter la lumière, également polarisée, due aux projecteurs d'une autre voiture venant en sens inverse.

L'adoption de ce système assurerait une sécurité plus grande dans la circulation; mais elle nécessiterait une nouvelle législation, naturellement.

B. — *Chauffage*. *a*) Les *fours électriques* industriels (utilisés pour la fusion des métaux ou des alliages, ou pour recuire ou cémenter les aciers spéciaux) sont en général de deux sortes : fours à *arc*, fours à *haute fréquence*. D'après les travaux récents de D. F. Campbell, le four à haute fréquence est *plus économique* à l'usage (bien que plus coûteux d'installation); on l'utilise avec succès à la cémentation des pièces de moteurs à ex-

plosions, où l'opération est parfaitement effectuée en 1 minute environ (au lieu de quelques heures dans l'ancien procédé à l'arc).

b) Des progrès intéressants ont été réalisés, récemment, dans la construction des *plaques chauffantes* des radiateurs électriques (pour l'économie domestique). Pour permettre aux plaques (de fonte) ordinairement utilisées, de conserver par l'usage une résistance mécanique suffisante, et d'éviter l'oxydation, — jusqu'à la température de 800 degrés, habituelle limite, — on ajoute à la fonte de moulage ordinaire, de petites quantités d'alliage à base de nickel (nickel-chrôme de préférence) ; on empêche ainsi la graphitisation de la cémentite de l'acier de la charpente des plaques, et la déformation due au gonflement des cristaux d'acier. — Les *fils chauffants* sont actuellement des alliages de nickel et de chrôme, qui permettent d'atteindre 1.100 ou 1.200 degrés sans altération aucune; pour cette limite de température, la composition de l'alliage utilisé varie de 62 à 78 pour cent de nickel, 11 à 17 pour cent de chrôme et quelques parties de métaux étrangers (manganèse, fer). La matière isolante, très résistante aux effets de la chaleur, est constituée par un mélange de silicate de sodium, de kaolin et d'amiante.

c) Le *chauffage électrique des végétaux* (culture intensive) a trouvé, récemment, une solution intéressante, par l'emploi des tubes au *néon*. Les essais antérieurs, assez nombreux, effectués sur la croissance des plantes sous l'influence de la lumière des lampes électriques à incandescence, avaient montré que le développement obtenu devait être rapporté davantage aux effets du rayonnement *calorifique*, qu'à ceux du rayonnement lumineux : il y avait donc lieu de retenir l'attention sur l'utilisation des radiations du spectre lumineux plus riches en énergie thermique, c'est-à-dire des radiations *rouges*.

Des essais dans ce sens, faits avec des tubes au *néon*, ont fourni des résultats très probants; c'est ainsi que des *cinéraires* (composées ornementales), irradiées à l'aide de tubes donnant 500 ou 1.000 lux, ont vu leur floraison avancée de 4 semaines sur le temps normal en plein air; résultats tout aussi concluants avec les cucurbitacés, et les autres plantes potagères; les rosacées; les primevères, les fraisiers, etc. Les tubes utilisés à cet effet sont à cathode incandescente, et réglés à 220 ou 380 volts; avec une hauteur de suspension de 1 m. 5 au-dessus des surfaces cultivées, on obtient 500 lux par 8 ou 10 mètres carrés; avec une hauteur de 1 mètre, on a 1.000 lux par 5 à 6 mètres carrés. La longueur d'un tube varie de 1 m. à 1 m. 5; la consommation en courant alternatif varie de *475* à *550* watts. En calculant l'éclairement nécessaire, et en disposant les tubes à la hauteur déterminée, on obtient la floraison à des dates que l'on peut fixer à l'avance.

On réalise ainsi, avec les tubes au néon, une méthode de culture intensive intéressante pour les primeurs, avec une meilleure utilisation des surfaces cultivées, et un gain appréciable de temps; ce qui paraît devoir compenser largement la dépense occasionnée par l'installation des appareils, et la consommation en énergie électrique.

H. Pécheux,
Docteur ès Sciences,
Lauréat de l'Institut.

BIBLIOGRAPHIE

R. G. E. : *Rev. génér. d'Electricité.*
Elec. : *L'Electricien.*
R. G. Sc. *Rev. génér. des Sciences.*

I. *Génération et transformation de l'énergie électrique.*

Cordebas (René) : Recherches relatives au mécanisme de production d'énergie dans la pile électrique ; *R. G. E.* du 21 août 1937, p. 231.

Pécheux (H.) : Essai de tension des piles électriques à électrolyte immobilisé ; *Elec.* du 1er sept. 1936, page 390.

Jumau (L.) : Les accumulateurs électriques d'après les brevets les plus récents ; *R. G. E.* du 18 déc. 1937 (p. 785) et du 25 déc. 1937 (p. 819.)

Herb (R. G.), Parkinson (D. B.), Kerst (D. W.) : The physical Review (Générateurs à haute tension), du 15 janvier 1937 ; note de *R. G. E.* du 10 juill. 1937, page 42.

Piraux (H.) : Générateur de haute tension continue ; *R. G. E.* du 7 août 1937, p. 170.

II. *Mesures électriques.*

Vagliani (G.) : Mesure des résistances très élevées; *Elettroteenica* du 25 juin 1936 ; note de *R. G. E.* du 5 juin 1937, p. 722.

Reyner (J. H.) : Voltmètre thermoïonique (*The Wireless World*) du 12 mars 1937 ; note de *R. G. E.* du 31 juillet 1937, p. 36. D.

Miller (J. H.) : Ampèremètre à couple thermo-électrique (*Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, déc. 1936) note de *R. G. E.* du 31 juillet 1937, p. 139.

III. *Radioélectricité.*

Adam (M.) : Organes des récepteurs radio-électriques ; *R. G. E.* du 23 oct. 1937 ; p. 532.

— Nouvelles lampes électroniques de réception ; *R. G. E.* du 26 mars 1938, p. 405.

Tabard (R.) : Pièces détachées de T. S. F., *Elec.* du 1er mars 1938, p. 119 ; Ondes extra-courtes, *Elec.* du 15 mars 1938, p. 141.

IV. *Radiographie.*

Marin (G.) : Tube à rayons X à un million de volts, *Elec.* du 15 juillet 1937, p. 321.

V. *Télévision; télécinématographie et téléphotographie*

Hémardinquer (P.) : Progrès des transmissions de télévision et de visio-téléphonie, *Elec.* des 1er février 1938 (p. 70), et 15 février 1938 (p. 93.)

Okolie-Sanyi (F.) : Télévision optique (*The Wireless Engineer*, oct. 1937) ; note de *R. G. E.* du 11 décembre 1937, p. 190. D.

Chouquet (C.) : Télécinéma. *Génie Civil* du 29 mai 1937 ; note de *R. G. E.* du 14 août 1937, p. 54. D.

Reynolds (F. W.) : Nouveau dispositif de téléphotographie. *Electrical Engineering*, sept. 1936 ; note de *R. G. E.* du 21 août 1937, p. 237.

VI. *Télégraphie ; téléphonie ; enregistrement et reproduction des sons,*

Juillard (E.) : Transmission téléphonique par lignes à haute tension ; *Bull. Assoc. Suisse des Electriciens*, 25 déc. 1936 ; note de *R. G. E.* du 11 sept. 1937, p. 349.

VII. *Photo-électricité.*

The Electrician : Cellule à émission secondaire (21 mai 1937) ; note de *R. G. E.* du 1er janvier 1938, (p. 1. D.)

Pécheux (H.) : Luxmètre photo-électrique ; emploi rationnel ; *Elec.* du 15 fév. 1938 (p. 75.) et du 1er mars 1938 (p. 167.)

Melzer (Karl) : Mesure photo-électrique de temps et de vitesse ; *E. u. M.* du 11 avril 1937 ; note de *R. G. E.* du 7 août 1937 ; p. 42. D.

King (W. R.) : Pyromètre photo-électrique *(General electric Review* ; novembre 1936) ; note de *R. G. E.* du 31 juillet 1937 ; p. 138.

VIII. *Eclairage électrique. Chauffage électrique.*

Marden (J. W.), Beese (N. C.), Meister (G.) : Lampe à vapeur de cadmium, ou de zinc (*Transaction of the illuminating Society* ; janvier 1937) ; note de *R. G. E.* du 3 juillet 1937, p. 12.

Ricard (G.) : Les lampes fluorescentes ; *Elec.* du 1er juillet 1938 ; p. 304.

Morati (Luigi) : Lampes à incand. à basse tension ; *R. G. E.* du 7 août 1937 ; p. 185.

Maray (A.) : Lampes à basse tension : (tramways) ; *R. G. E.* du 23 oct. 1937 ; p. 136. D.

Chubb (L. W.) : Eclairsge en lumière polarisée (véhic. automobiles) ; note de *R. G. E.* du 21 août 1937 ; p. 63. D.

Campbell (D. F.) : Progrès réalisés dans les fours électriques (*Electrical Review* ; 16 avril 1937) ; note de *R. G. E.* du 10 juillet 1937 ; p. 15. D.

De Poncharra (F.) : Récents progrès dans l'industrie des plaques chauffantes électriques ; *Elec.* du 1er mars 1938 ; p. 100.

Bette (G.) : Irradiation des plantes par les tubes au néon ; *Bullet. de la Soc. Belge des électriciens*, juin 1937 ; note de *R. G. E.* du 6 nov. 1937, p. 606.

SOLIDE PRINCIPAL ET DYNAMIQUE DE CERTAINS ASSEMBLAGES DE SOLIDES

DÉVELOPPEMENT D'UNE COMMUNICATION AU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE

(Cambridge, U. S. A., sept. 1938)

Il peut sembler que les progrès dont la Mécanique rationnelle est désormais susceptible sont liés de la manière la plus étroite aux progrès de la Topologie et de divers chapitres de l'Analyse mathématique. Quelle que part de vérité que contienne une telle remarque, il ne faut pas cependant être exclusif. C'est ce dont nous espérons convaincre ici en présentant cette étude. Donnons-en d'abord un rapide résumé.

M. Jean Le Roux, en ses « *Principes mathématiques de la théorie de la gravitation* » (Gauthier-Villars, 1931) a diffusé la considération du système de référence S_0, vis-à-vis duquel un ensemble matériel (M) mobile a sans cesse la force vive minima. Soit Σ_t le solide fictif obtenu en fixant à l'instant t chaque masse de (M) quant à S_0. Ce solide fictif a reçu, suivant les auteurs, diverses appellations : *solide moyen* chez Coriolis, *solide équivalent* chez Poincaré, *solide principal* chez M. Le Roux. En même temps, on peut dire que ce solide a joué divers rôles, chez ceux qui l'envisagent. Tantôt, on se borne à définir le système de référence S_0, tantôt on précise entièrement la répartition massique Σ_t, tantôt enfin on n'en retient, avec le barycentre, que l'ellipsoïde central d'inertie (Poincaré). Cela suggère deux problèmes : *trouver les ensembles matériels tels que, pour les mouvements compatibles avec les liaisons et pour l'observateur lié à* S_0, *il y ait invariabilité, soit de la répartition massique* Σ_t (PROBLÈME a), *soit de l'ellipsoïde central d'inertie correspondant* (PROBLÈME b). Le second problème contient le premier.

Nous signalerons des solutions de a et de b et nous en tirerons certains problèmes de dynamique sans frottement pouvant se disjoindre en une question de dynamique du solide et en l'étude autonome du mouvement d'un ensemble (M) rapporté à son solide principal.

Nous verrons aussi comment tout cela peut s'élargir en passant de l'idée d'un minimum libre de la force vive à celle d'un minimum lié.

Enfin, passant de la dynamique des forces à la dynamique des percussions, nous rejoindrons (VII) une interprétation inédite, par M. Emile Jouguet, d'un passage obscur de Lagrange, dans la Mécanique Analytique, 2e partie, 3e section.

C'est du reste M. Emile Jouguet, qui mis au courant de nos problèmes a) et b) et de nos problèmes dynamiques dissociables, déjà signalés, a bien voulu attirer notre attention sur plusieurs points bibliographiques importants. Cela nous a permis de présenter (II) quelques considérations historiques, éclairant diverses questions de principe de la manière la plus utile.

Que M. Emile Jouguet trouve ici l'expression de nos remerciements les plus sincères.

I. — Minimum libre et minimum lié de la force vive. Décomposition canonique afférente à un minimum.

1. Soit défini le mouvement d'un ensemble matériel (M) par rapport à un trièdre trirectangle de référence S. Soit S_0 un second trièdre trirectangle en mouvement par rapport au premier. A l'exemple de M. Jean Le Roux, au début de son ouvrage cité, nous envisagerons le mouvement d'entraînement de S par rapport à S_0; cela revient, à chaque instant, à spécifier :

1° Une *translation* dont les composantes ξ, η, ζ suivant les arêtes du trièdre S sont également celles de la vitesse, quant à S_0, de l'origine du trièdre S;

2° Une *rotation* dont les composantes suivant les arêtes du trièdre S seront désignées par p, q, r.

Soient x, y, z les coordonnées dans le trièdre S d'un élément de (M). La force vive de (M), évaluée relativement à S_0, peut s'écrire

$$(1) \qquad 2T(S_0) = \Sigma m(u^2 + v^2 + w^2)$$

en donnant à u, v, w les valeurs

$$u = \xi + qz - ry + \frac{dx}{dt}$$
$$v = \eta + rx - pz + \frac{dy}{dt}$$
$$w = \zeta + py - qx + \frac{dz}{dt}$$

La force vive de (M) quant à S_0 se présente donc à chaque instant sous l'aspect d'un polynôme du second degré en ξ, η, ζ, p, q, r. Soit

$$(2) \qquad 2T(S_0) = \varphi(\xi, \eta, \zeta, p, q, r).$$

2. A l'exemple de M. Jean Le Roux, nous allons considérer le choix de S_0 qui rend à chaque instant 2 T (S_0) aussi petit que possible. Mais avec le problème de minimum libre ainsi posé nous envisagerons des problèmes de minimum lié. Ces derniers, sans intérêt pour la détermination d'un repère privilégié en théorie de la gravitation, nous fourniront des applications à la dynamique analytique; nous nous en tiendrons d'ailleurs à ceux qui s'obtiennent en supposant que certaines des variables ξ, ..., r sont nulles à chaque instant : analytiquement, ils sont du même type que le problème du minimum libre, avec moins de variables. Cette communauté de forme sera très instructive.

Si ξ est la seule variable non nulle, cela signifiera que S et S_0 sont, l'un par rapport à l'autre, animés d'une translation rectiligne (dont l'horaire n'est pas donné); si p est la seule variable non nulle, cela signifiera que S et S_0 sont, l'un par rapport à l'autre, animés d'une rotation autour d'un axe fixe. Une importance particulière va s'attacher au cas où ξ, η, ζ sont seuls non nuls, c'est-à-dire où S_0 est animé par rapport à S d'une translation arbitraire; et aussi bien au cas où p, q, r sont seuls non nuls, c'est-à-dire où le sommet d'un des trièdres reste fixe par rapport à l'autre (rotation arbitraire autour d'un point fixe).

3. Les divers problèmes de minimum qui se posent s'attachent finalement à des polynômes du second degré, dépendant de n variables réelles avec $n \leq 6$, polynômes qui sont positifs pour toutes valeurs de ces variables. Il n'y a pas d'inconvénient à écrire l'un de ces polynômes sous la forme

$$\varphi(\xi, \eta, \zeta, p, q, r)$$

certaines des variables écrites pouvant ne pas figurer d'une manière effective. Cela posé, symbolisons par ξ_0, η_0, ζ_0, p_0, q_0, r_0 le système de valeurs qui donne le minimum cherché (certaines d'entre elles pouvant être nulles, par avance, avec la variable correspondante). Ce système de valeurs va satisfaire aux équations

$$(3) \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\xi} = 0, \frac{\partial\varphi}{\partial\eta} = 0, \frac{\partial\varphi}{\partial\zeta} = 0,$$
$$\frac{\partial\varphi}{\partial p} = 0, \frac{\partial\varphi}{\partial q} = 0, \frac{\partial\varphi}{\partial r} = 0.$$

Cela posé, en vertu de la formule de Taylor restreinte au cas d'un polynôme du second degré, nous aurons une décomposition intéressante pour la force vive par rapport à S, soit pour la quantité

$$\Sigma m\left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2\right] = \varphi(0, 0, 0, 0, 0, 0).$$

Vu la disparition des termes linéaires exigée par les équations (3), la décomposition annoncée sera

$$\varphi(\xi_0, \eta_0, \zeta_0, p_0, q_0, r_0) + \varphi_2(\xi_0, \eta_0, \zeta_0, p_0, q_0, r_0)$$

φ_2 étant l'ensemble des termes homogènes du second degré de φ. Finalement la force vive de (M) par rapport à S se décompose donc en sa force vive

$$\varphi(\xi_0, \eta_0, \zeta_0, p_0, q_0, r^0)$$

par rapport à S_0, accrue d'un terme qui s'écrit

$$\varphi_2(\xi_0, \eta_0, \zeta_0, p_0, q_0, r_0)$$

ou aussi bien, en vertu de (1)

$$\Sigma m[(\xi_0 + q_0 z - r_0 y)^2 + (\eta_0 + r_0 x - p_0 z)^2 + (\zeta^0 + p_0 y - q_0 x)^2].$$

Ceci représente la force vive par rapport à S du solide idéal, lié au trièdre S_0, qu'on obtiendrait en fixant par rapport à ce trièdre les éléments matériels de l'ensemble (M), dans les positions qu'ils occupent à l'instant considéré. Ce solide idéal, soit Σ_t, sera dit : *solide équivalent actuel*; le qualificatif *actuel* répondant à la préoccupation de montrer

qu'à deux instants différents, il a en général deux configurations différentes.

Nous retiendrons l'existence de la décomposition précédente pour la force vive, comme corollaire de la propriété de minimum dans chacun des cas que nous venons d'énumérer. La *décomposition canonique*, c'est ainsi que nous l'appellerons, nous aiguillera vers des problèmes de dynamique sans frottement, concernant des dispositifs où interviennent plusieurs solides et présentant le caractère suivant : il y a disjonction du système lagrangien qui leur correspond en deux systèmes indépendants [1].

4. Avant toutes choses, en tablant sur la relation (1), rappelons la signification des diverses équations (3); chacune des trois premières exprime l'annulation d'une composante (suivant les arêtes de S) de la résultante cinétique de (M), déterminée par un observateur lié à S_0; et chacune des trois dernières a une signification analogue, le moment cinétique venant remplacer la résultante cinétique.

Considérons en particulier le cas où ξ, η, ζ restant arbitraires, on fait $p=q=r=0$, à chaque instant : S_0 sera donc en translation par rapport à S. Nous aurons minimum de la force vive si le centre des masses G de (M) est fixe quant à S_0 (car cette propriété ne diffère pas de l'annulation de la résultante cinétique) ; la décomposition de la force vive obtenue pour ce choix du système S_0 n'est autre que celle qui conduit à l'énoncé du *théorème de Kœnig*. Ce théorème classique apparaît ainsi à sa véritable place.

Si l'on prend p, q, r arbitraires, avec $\xi=\eta=\zeta=0$, le sommet du trièdre S restera fixe quant à S_0, autrement dit, on va choisir S_0 parmi les solides susceptibles de tourner autour du sommet de S : nous aurons dès lors intérêt à confondre en un même point O les sommets de S et de S_0. Pour obtenir le minimum de force vive, il faudra choisir S_0 de manière que, par rapport à O, le moment cinétique (évalué par l'observateur lié à S_0) soit nul.

De problèmes de ce genre, on peut revenir au problème de minimum libre traité par M. Jean Le Roux dans son ouvrage cité, c'est-à-dire au *minimum minimorum*. En ce cas, l'identité de la résultante cinétique et du moment cinétique pour (M) et pour le solide équivalent actuel s'établissent immédiatement, vis-à-vis d'un système de référence quelconque.

1. L'existence même de la décomposition canonique permet de voir, que la détermination de S_0, en tant que système de référence, est unique en chaque cas de minimum, libre ou lié.

5. Observons que, dans le choix de nos problèmes de minimum lié, nous avons délimité notablement la généralité. Il suffit pour le comprendre de citer l'exemple suivant. Soit donné le mouvement de l'ensemble matériel (M) par rapport au trièdre S. Nous pouvons convenir de lier le trièdre S_0, vis-à-vis duquel nous minimiserons la force vive de (M), à un solide de forme bien déterminée, lequel sera soumis à la condition de rouler sans glissement, soit sur le plan $z=0$, soit sur toute autre surface Σ liée au trièdre S. Nous aurons alors à chercher le minimum de polynôme

$$\varphi(\xi, \eta, \zeta, p, q, r)$$

moyennant deux relations linéaires et homogènes entre ses variables [2]. Le principe méthodologique restera toujours le même. Il nous suffira d'avoir signalé la possibilité de prolonger ainsi nos considérations, que nous désirons limiter ici à un champ d'applications très simples.

II. — Digression historique et critique.

6. La lecture du présent paragraphe permettra de mieux situer certains aspects concrets du sujet que nous venons d'aborder d'un point de vue purement mathématique [3].

Les résultats qui précèdent, du moins en ce qui concerne le minimum libre de la force vive, sont intervenus dans des problèmes variés, parfois anciens.

Quelques-uns d'entre eux ont été suggérés par l'idée d'attacher à un ensemble en mouvement un système d'axes ou si l'on préfère, un solide, s'offrant comme *système de référence optimum* [4]. Mais l'idée de système de référence, disjointe de celle d'un solide jouant un rôle concret, ne s'est manifestée que d'une manière récente.

On a vu poindre d'abord les problèmes qui, mettant en jeu un milieu déformable, se prêtaient à l'adjonction opportune d'un corps solide, bien défini en configuration et répartition massique.

Par exemple, à la suite des hypothèses émises par Laplace en Cosmogonie, on pouvait concevoir

2. En remplaçant ci-dessus la surface Σ, fixe quant à S, par une surface matérielle se déformant isométriquement à elle-même et définie dans ce trièdre par une équation $\sigma(x, y, z, t)=0$ on aurait entre les variables ξ, η, ζ, p, q, r deux relations linéaires non homogènes.

3. Les informations historiques que je présente dans cette section au sujet des travaux de Lagrange, Coriolis, et de leurs commentateurs m'ont été signalées par M. Emile Jouguet, à qui j'avais fait part des applications de la notion de solide principal (dans le cas du minimum libre), à la disjonction de certains problèmes dynamiques. Un résultat appartenant à M. Emile Jouguet, relativement à l'interprétation d'un théorème de Lagrange, est signalé dans la section VII, n° 19.

4. Voir au n° 14 les remarques auxquelles une notion de ce genre peut donner lieu.

une masse en fusion, se solidifiant par épaississement progressif, et la tendance du mouvement autour du centre de gravité, vers un état limite, état de rotation du solide final S. Avant la solidification, il est admissible qu'on puisse déduire le solide S de l'état actuel de la masse par un processus simple; que des idées de ce genre aient hanté la pensée de Lagrange, c'est ce que suggèrent des passages de sa *Mécanique analytique*. Cependant, ces idées encore insuffisamment dégagées du problème concret restaient assez éloignées de la notion de base qui leur eût conféré toute plénitude[5].

7. Les choses prennent corps dans un problème traité par Coriolis, vers 1835, problème qui a retenu ensuite l'attention de Sturm[6] et qui plus tard, a trouvé place dans le traité de Mécanique générale de Résal[7]. En voici l'énoncé :

Ecrire l'équation des forces vives pour un système de solides en tenant compte des ébranlements de molécules.

Les petites vibrations troublant chaque solide proviennent des forces intérieures à ce solide. Il est entendu qu'on regarde chaque solide comme libre, et qu'on englobe dans les forces extérieures les réactions provenant des autres parties du système. Cela posé, le corps ébranlé (M) peut être rapporté au solide S_0, « que formerait le corps (M) si, à l'instant considéré, les molécules de ce dernier venaient subitement à s'arrêter dans leur mouvement vibratoire ». Du point de vue intuitif, on voit ainsi très clairement ce qu'est S_0, dénommé par Coriolis le *solide moyen*. Du point de vue mathématique, au lieu d'un arrêt brusque du mouvement, on concevrait plus facilement son extinction asymptotique : dès lors, relativement au solide moyen, les dérivés géométriques par rapport au temps des quantités de mouvement des particules du corps vibrant forment un système équivalent à zéro (au sens admis en théorie des vecteurs glissants[8]). Il en sera donc de même de ces quantités de mouvements, comme le montre une intégration par rapport au temps, faite en tenant compte de l'état limite (état d'équilibre) pour t croissant indéfiniment. Il s'ensuit qu'en rapportant le solide vibrant (M) à un système de référence S, la résultante cinétique et le moment cinétique seront les mêmes d'une part, pour (M), d'autre part, pour le solide moyen. De l'identité de la résultante cinétique, découle la fixité du centre des masses du corps vibrant par rapport au solide moyen; de l'identité du moment cinétique, découle que pour un observateur lié au solide moyen, le moment cinétique du corps vibrant est nul : cette condition impose à la rotation instantanée du solide moyen quant à S une détermination qui conduit à la décomposition canonique de la force vive. Or pour justifier son résultat essentiel c'est justement à cette dernière propriété que Coriolis a recours. D'après elle, la force vive de (M) par rapport à S s'obtient en ajoutant la force vive de S_0 par rapport à S et celle de (M) par rapport à S_0 (*mouvement moyen*). Voici le résultat final auquel est conduit l'illustre auteur :

Le principe des forces vives subsiste pour un système de molécules dont les vibrations sont de faible amplitude, en ne tenant compte que du mouvement moyen, pourvu qu'on ajoute au travail des forces extérieures le travail, estimé dans le mouvement vibratoire, des forces qui produiraient à chaque instant, sur chaque molécule considérée comme libre, son mouvement moyen.

Ainsi, s'introduit un terme complémentaire souvent négligeable.

8. Dans ce qui précède, la nature même du problème abordé a mis en jeu un solide dont la répartition de masses est complètement définie. C'est, dans l'ordre d'idées qui nous préoccupe, un point de vue extrême.

Le point de vue en quelque sorte opposé est celui qui s'attache sans plus à la détermination d'un système de référence optimum. Il est très bien représenté par une note qu'en 1918 (C. R., t. CLXVI, p. 513), Paul Appell a consacrée *à la notion d'axes fixes et au mouvement absolu*, en voulant définir ce qu'on pourrait appeler un système invariable en repos par rapport à un ensemble (M) de points en mouvement. Indépendamment de ce qui précède, il opte *a priori*[9] pour le solide moyen défini comme ci-dessus, solide par rapport auquel les quantités de mouvement de (M) forment un système de vecteurs glissants équivalent à zéro. Il n'aborde aucun calcul de force vive, mais suggère d'étudier les petites oscillations d'une masse fluide en rotation, autour d'une position d'équilibre stable, en rapportant le mouvement au solide en question.

Or, dès 1900, dans des Leçons professées à la Sorbonne, Henri Poincaré avait envisagé, *pour un instant t, le solide équivalent* à une masse de fluide en mouvement, c'est-à-dire celui-là même que dans la section 1 nous avons appelé le *solide équivalent actuel*, pour bien souligner qu'à deux instants distincts, on peut avoir deux solides

5. Cette indication sera précisée dans la section VII, lorsque nous envisagerons les conséquences pouvant résulter de théorèmes de disjonction, dans la théorie des percussions et rapporterons l'interprétation donnée par M. E. Jouguet d'un résultat, en apparence un peu obscur, de Lagrange.

6. Sturm : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIII, p. 1046 (1841).

7. Résal : *Mécanique Générale*, t. I, p. 446.

8. En effet, les variations de ces quantités de mouvement proviennent de l'action de forces intérieures, deux à deux égales et directement opposées.

9. Pour juger de ce qu'une telle option peut comporter d'arbitraire, voir le n° 14 (section V).

différents [10]. Ce point de vue de Poincaré s'attache surtout à l'ellipsoïde d'inertie du centre des masses, qui suffit à déterminer la force vive. Il joue un rôle en quelque sorte intermédiaire entre la recherche d'un système de référence et celle d'un solide Σ_t dont la répartition de masses, intégralement connue, offrirait un intérêt concret. Poincaré établit par une méthode élégante bien qu'artificielle, le théorème de décomposition canonique.

Dans leurs *Lezioni di Meccanica Razionale* (tome II, première partie, p. 307) MM. T. Levi-Civita et Amaldi, ont utilisé un mode d'exposition que leur avait verbalement transmis M. Almansi [11]. Ce mode est brièvement reproduit au nº 40 de mon Précis de Mécanique rationnelle. En cherchant le système de référence par rapport auquel (M) a son énergie cinétique minima, les auteurs cités retombent sur le choix d'Appell. Toutefois, ils ne se préoccupent pas d'obtenir un théorème de décomposition pour la force vive.

9. C'est M. Jean Le Roux qui a mis les conditions de minimum libre de l'énergie cinétique de l'ensemble (M) à la base de la théorie de la gravitation newtonienne. Le système de référence réalisant ces conditions est désigné par M. Jean Le Roux sous le nom de *solide principal*. Il établit aussi le théorème de décomposition canonique par une méthode qui est celle du nº 3, mais sans envisager plus que le minimum libre.

En outre, il précise le mouvement d'un ensemble matériel (M) quant à son solide principal. Les quantités de mouvement correspondantes formant un sys-système équivalent à zéro, il en est de même de leurs dérivées géométriques déterminées par un observateur lié au solide principal. Si (M) comprend *n* points, on peut dès lors imputer le mouvement à l'action de forces deux à deux égales et directement opposées agissant sur les *n* points [12]. Le principe d'égalité de l'action et de la réaction est donc, à ce point de vue, une propriété qui a lieu de par le choix particulier du système de référence.

L'ouvrage cité montre enfin que le principe de moindre action détermine le choix du temps et que le principe du minimum d'énergie d'accélération achève de définir la loi de gravitation, sous la forme donnée jadis par Newton.

L'énumération qui précède ne prétend pas être complète. Dans un ouvrage récent [13], M. Pierre Dive signale que le problème de l'extinction des mouvements internes d'une masse fluide visqueuse l'avait également conduit à des considérations analogues.

Nous n'avons eu à nous occuper ci-dessus que du minimum libre. Il va en être ainsi dans les sections suivantes. En reprenant quelques cas de minimum lié dans la section VI, nous verrons comme il est facile d'y adapter la théorie développée dans le cas du minimum libre.

III. — Cas d'invariabilité dans S_0 du solide équivalent actuel.

Problème *a* et problème *b*.

10. Relativement au système de référence S_0 vis-à-vis duquel la force vive est la plus petite possible (minimum libre), nous pouvons lier à chaque instant un solide ayant même configuration que la configuration actuelle de l'ensemble (M), même répartition de masses que la répartition actuelle des masses de l'ensemble (M). Vis-à-vis de S_0, l'ellipsoïde d'inertie, par rapport au centre des masses G (point fixe quant à S_0) va se modifier en général d'un instant à l'autre. Cependant, pourra-t-il arriver que cet ellipsoïde reste fixe par rapport à S_0, ou du moins varie seulement par son orientation sans changer de grandeur.

Il est intéressant d'étudier l'exemple suivant. Imaginons un vase rigide empli d'un liquide incompressible. L'ensemble (M) est ici formé par la masse liquide. La paroi constitue un solide par rapport auquel le centre des masses G aussi bien que l'ellipsoïde d'inertie correspondant demeurent invariables. Toutefois, si le mouvement du liquide par rapport à la paroi est quelconque, le moment cinétique résultant déterminé par un observateur lié à la paroi est en général non nul. Il s'ensuit que, par rapport à la paroi, le système S_0 est animé d'un mouvement de rotation autour du point G. Nous sommes ici dans un cas où l'ellipsoïde central d'inertie du solide équivalent actuel tourne autour du point G, ses axes conservant des longueurs invariables. Si l'ellipsoïde central d'inertie est une sphère, nous réaliserons l'invariabilité du solide équivalent par rapport au système S_0.

Au lieu de s'intéresser seulement, soit à la constance des axes de l'ellipsoïde central d'inertie,

10. On voudra bien prendre garde à ne pas assimiler (par une confusion verbale regrettable) le solide équivalent à (M) à un système *dynamiquement équivalent* à (M) (voir Bouligand, Précis de Mécanique rationnelle, nºˢ 97, 130; voir aussi la note 3 de cet ouvrage, p. 329).

11. On verra le prix attaché par ces auteurs à la considération d'un minimum libre.

12. M. Le Roux observe que la démonstration fait apparaître des cas singuliers, lorsque l'ensemble est constitué soit par plus de deux points tous en ligne droite, soit par plus de trois points tous dans un même plan. Lorsque la configuration de (M) tendrait vers une de ces configurations singulières, les composantes obtenues pourraient devenir infinies. Toutefois, ces difficultés ne se présentent pas si tous les points ne se trouvent pas dans un même plan.

13. Le principe de relativité selon Poincaré et la Mécanique invariante de Le Roux, note de la p. 52. (Dunod, éditeur, 1937).

soit à la fixité de cet ellipsoïde par rapport à S_0, on peut envisager la fixité, dans S_0, d'une certaine configuration et d'une certaine répartition de masses sur lesquelles viennent à chaque instant s'appliquer la configuration et la répartition de masses de l'ensemble (M). Alors, dans le mouvement de (M) par rapport à S_0, certains assemblages d'éléments matériels, prélevés sur (M) jouiront de la propriété de se mouvoir sans cesser de coïncider avec eux-mêmes (en ce qui concerne configuration et répartition massique) : d'ailleurs, aucun élément d'un tel assemblage ne pourra jamais, au cours des permutations que le mouvement peut produire entre éléments, prendre la place d'un élément qui était primitivement étranger à l'assemblage. Nous rappellerons simultanément ces divers caractères en disant que la partie ainsi prélevée sur (M) est un *assemblage complet et indépendant* (= A. C. I.). Un A. C. I. se superpose constamment, d'après nos hypothèses précédentes à une certaine répartition massique idéale invariable quant à S_0. Un A. C. I. sera donc, dans certains cas [14], un solide matériel qui, au point de vue configuration comme au point de vue répartition des densités, se meut continuement sans cesser de coïncider avec lui-même. Nous convenons à titre d'hypothèse supplémentaire, de nous en tenir à ces cas. Moyennant quoi, nous nous représenterons l'ensemble (M) comme une réunion d'A. C. I. rigides. Notons encore que la coïncidence permanente d'un A. C. I. avec une répartition massique invariable quant à S_0 exige que le centre des masses, soit G, de l'ensemble (M), demeure invariablement lié à cet A. C. I. Dès lors, le mouvement de S_0 par rapport à un certain A. C. I. est une rotation autour d'un axe fixe ou autour d'un axe mobile, axe qui passe en tous les cas par le point G. D'ailleurs, un point de S_0 qui reste fixe vis-à-vis d'un certain A. C. I. restera fixe vis-à-vis des autres A. C. I., vu la propriété pour les divers A. C. I. considérés globalement (c'est-à-dire sans distinguer les éléments matériels d'un même A. C. I.) de former, pour l'observateur lié à S_0, des figures invariablement liées les unes aux autres, en configuration géométrique.

Nous sommes donc amenés, par ces considérations, à retenir deux types particuliers d'ensembles (M) :

1° Des ensembles à fibres circulaires homogènes et coaxiales, lesquelles sont réparties en groupes rigides (deux fibres d'un même groupe étant invariablement liées l'une à l'autre) cependant qu'entre deux groupes distincts, n'existe aucune liaison (nous dirons que ces groupes sont mutuellement indépendants) ;

2° Des ensembles à strates sphériques homogènes et concentriques, strates qui sont elles-mêmes réparties en groupes rigides, deux de ces groupes étant (à l'exemple des groupes de fibres envisagés ci-dessus) mutuellement indépendants.

Ces types particuliers d'ensembles nous donnent des solutions du PROBLÈME a) que voici : *trouver les ensembles matériels* (M) *tels que, pour chaque mouvement compatible avec les liaisons et pour l'observateur lié à* S_0, *il y ait invariabilité de la répartition massique* $\mathfrak{E}_T$.

De ces solutions du PROBLÈME a), on peut déduire de nombreux exemples donnant lieu à une circonstance moins restrictive : la permanence du solide équivalent au sens de Poincaré, c'est-à-dire la fixité quant à S_0 de l'ellipsoïde central d'inertie. Ces exemples seront autant de solutions du PROBLÈME b) que voici : *trouver les ensembles matériels* (M) *tels que, pour chaque mouvement compatible avec les liaisons et pour l'observateur lié à* S_0, *il y ait invariabilité de l'ellipsoïde central d'inertie du solide équivalent actuel.*

Prenons d'abord un ensemble (M) à fibres circulaires homogènes et coaxiales, lesquelles sont réparties en groupes rigides mutuellement indépendants. Chacun de ces groupes rigides est un solide : nous pourrons lui substituer tout autre solide de même centre de gravité, de même masse et dont l'ellipsoïde d'inertie soit lui-même de révolution autour de l'ensemble (M), sous la seule réserve que l'introduction de ce solide, délimité par des surfaces plus ou moins compliquées, ne vienne en rien compromettre l'indépendance mutuelle des diverses portions rigides de (M). Par exemple, si (M) est initialement formé par n disques circulaires homogènes montés sur un même axe rigide (de manière à être centrés sur cet axe, normal à tous leurs plans), on pourra remplacer l'un de ces disques par une plaque plane homogène dont le centre de gravité coïncide avec le centre du disque et dont l'ellipse d'inertie se réduise à un cercle.

Prenons de même un ensemble à strates sphériques homogènes et concentriques, lesquelles sont réparties en groupes rigides mutuellement indépendants. Au solide constitué par l'un de ces groupes rigides, nous pourrons substituer un solide ayant son barycentre en G et dont l'ellipsoïde d'inertie relatif à ce point soit une sphère, sous réserve que les surfaces délimitant ce nouveau solide ne compromettent pas l'indépendance mutuelle des diverses parties rigides du système.

14. Il peut arriver qu'un A.C.I. ne soit pas un solide : cela se produit si (M) est la réunion des strates sphériques homogènes et concentriques, chaque strate étant une mince couche d'un liquide incompressible, ne pouvant se mouvoir que sur la sphère qu'il recouvre.

Ici cette réserve prend une importance plus grande que dans le cas précédent, vu la difficulté pratique d'obtenir des liaisons du genre indiqué. Certaines possibilités s'offrent cependant ; par exemple, au contact d'une strate dont la surface limite sera laissée intégralement sphérique, modifier la surface de la strate contigüe, en laissant subsister des portions sphériques de guidage,



Fig. 1.

cela sans troubler la position du barycentre et la sphéricité de l'ellipsoïde d'inertie; ou encore dans une strate dont les deux surfaces limites sont laissées intégralement sphérique, abandonner l'homogénéité de répartition de la masse, en respectant la position du barycentre et la sphéricité de l'ellipsoïde d'inertie.

Finalement, des solutions particulières du problème a) obtenues par groupement de parties rigides, nous déduisons des solutions du problème b) en modifiant chacune de ces parties sans altérer l'ellipsoïde central d'inertie et en prenant garde que les surfaces des nouvelles pièces ne viennent gêner le mouvement au cours duquel deux pièces quelconques resteront mutuellement en rotation, soit autour d'un axe, soit autour d'un point (axe ou point qui ne dépend pas des deux pièces choisies).

Les solutions ainsi obtenues vont maintenant nous conduire à d'importantes conséquences.

IV. — La décomposition de certains problèmes dynamiques.

11. Nous allons faire connaître, toujours dans le cas du minimum libre, une conséquence du théorème de décomposition canonique de la force vive, conséquence qui intéresse, dans des conditions que nous allons préciser, toute une catégorie de problèmes dynamiques sans frottement.

Nous supposons que, relativement au système de référence S_0, l'ensemble (M) possède k degrés de liberté correspondant aux paramètres q_1 $q_2, \ldots, q_k$, en fonction desquels pourront s'exprimer, en termes finis, les coordonnées de chaque élément matériel de (M) par rapport à des axes liés à S_0. Supposons encore que relativement à S_0, l'ellipsoïde d'inertie de (M) soit invariable, autrement dit que notre ensemble (M) soit une solution du problème b). Convenons alors de soumettre (M) à de nouvelles liaisons, pouvant se traduire par h relations finies ou différentielles entre les six variables ξ, η, ζ, ψ, θ, φ dont les trois premières représentent maintenant les coordonnées de G par rapport à des axes liés à S, cependant que ψ, θ, φ désignent selon l'usage les angles d'Euler fixant l'orientation, par rapport au trièdre lié à S, du trièdre que nous avons lié à S_0. Il est d'ailleurs entendu que nos h relations supplémentaires sont indépendantes et que leur nombre ne pourra pas dépasser 5. Supposons enfin que (M) soit soumis, pour l'observateur lié à S, à l'action de forces dont le travail élémentaire soit de la forme

$$A\,\delta\xi + B\,\delta\eta + C\,\delta\zeta + D\,\delta\psi + E\,\delta\theta + F\,\delta\varphi.$$

A, B, C, D, E, F étant des fonctions données de ξ, η, ζ, ψ, θ, φ. D'après le théorème de décomposition établi dans la section III, la force vive de l'ensemble (M) par rapport à S, pourra s'écrire

$$2T(S) = 2T(S_0) + 2T_1(S)$$

en représentant ici par $2\,T_1(S)$ la force vive du solide principal, relativement à S. Ecrivons l'équation générale de la dynamique, pour l'ensemble (M), en rapportant les mouvements au système (S). Posons en abrégé $T\,(S_0) = T_0$ et $T_1(S) = T_1$. Cette équation prend la forme d'une identité conditionnelle

$$\left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial q'_1}\right) - \frac{\partial T_0}{\partial q_1}\right]\delta q_1 + \ldots + \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial q'_K}\right) - \frac{\partial T_0}{\partial q_k}\right]\delta q_k$$

$$+\left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_1}{\partial \xi'}\right) - \frac{\partial T_1}{\partial \xi} - A\right]\delta\xi + \ldots + \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_1}{\partial \varphi'}\right) - \frac{\partial T_1}{\partial \varphi} - F\right]\delta\varphi = 0$$

cette relation étant satisfaite pour tous les systèmes de différentielles des paramètres qui vérifient nos h équations de liaison, préalablement écrites sous forme différentielle; explicitons-les sous la forme

$$\omega_1 = a_1\,\delta\xi + b_1\,\delta\eta + c_1\,\delta\zeta + d_1\,\delta\psi + e_1\,\delta\theta + f_1\,\delta\varphi = 0$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\omega_h = a_h\,\delta\xi + b_h\,\delta\eta + c_h\,\delta\zeta + d_h\,\delta\psi + e_h\,\delta\theta + f_h\,\delta\varphi = 0$$

les $a_1, \ldots, f$, étant fonctions dépendant seulement des six variables ξ, η, ζ, ψ, θ, φ. La mise en équations pourra dès lors s'effectuer par la méthode des multiplicateurs de Lagrange. A cet effet, nous ajouterons au premier membre de notre identité conditionnelle la quantité

$$\lambda_1\omega_1 + \ldots\ldots + \lambda_h\omega_h$$

et déterminerons les multiplicateurs $\lambda_1, \ldots, \lambda_h$ de manière à annuler les coefficients de h d'entre les différentielles

$$\delta\xi,\ \delta\eta,\ \delta\zeta,\ \delta\psi,\ \delta\theta,\ \delta\varphi.$$

Les autres différentielles pouvant désormais varier arbitrairement, nous sommes ramenés du cas d'une identité conditionnelle à celui d'une identité absolue. Nous trouverons ainsi, d'une part, le système de k équations

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\delta T_0}{\delta q'_1}\right)-\frac{\delta T_0}{\delta q_1}=0,\ \ldots\ldots,\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\delta T_0}{\delta q'_k}\right)-\frac{\delta T_0}{\delta q_k}=0$$

qui correspond à l'étude du mouvement que prend (M), en l'absence de toute force active, par rapport au solide principal. D'autre part, avec les équations

$$a_1\xi'+\ldots+f_1\varphi'=0,\ \ldots,\ a_h\xi'+\ldots+f_h\varphi'$$

déduites de nos h équations supplémentaires de liaison, nous aurons six équations

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\delta T_1}{\delta\xi'}\right)-\frac{\delta T_1}{\delta\xi}-A-\lambda_1 a_1-\ldots-\lambda_h a_h=0$$

....

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\delta T_1}{\delta\varphi}\right)-\frac{\delta T_1}{\delta\varphi}-F-\lambda_1 f_1-\ldots-\lambda_h f_h=0$$

lesquelles ne font intervenir que les paramètres déterminant la position du solide principal. Nous parvenons donc à mettre en évidence une particularité remarquable du problème étudié :

Il y a *disjonction* de ce problème *en un problème concernant le mouvement quant à* S *du solide principal* sous l'influence des liaisons traduites par nos k conditions supplémentaires et des forces actives dont le travail est donné par la forme $A\delta\xi+\ldots+F\delta\varphi$ d'une part, et d'autre part *en un problème concernant le mouvement que prend l'ensemble* (M) *par rapport au solide principal en l'absence de force active* [15].

12. Ce résultat peut être illustré par des exemples concrets. Imaginons par exemple un dispositif pesant formé de n pièces, lentilles ou disques circulaires homogènes montés indépendamment sur un même axe rigide, l'un de ces disques étant astreint à toucher un plan horizontal, contre lequel il peut glisser, sans frottement appréciable. Nous négligeons aussi les frottements des pièces précédentes sur l'axe et réduisons celui-ci, en première approximation, à une tige rectiligne homogène. En vertu du résultat précédent, ce problème se ramène à la recherche du mouvement sous l'action de son poids d'un solide de révolution qui reste en contact le long d'un parallèle avec le plan support. Ce solide de révolution n'est autre que le solide équivalent (d'une manière ici permanente) à notre dispositif : s'il s'agit de disques on peut d'ailleurs remplacer les disques non en contact avec le plan support par des plaques perpendiculaires à l'axe ayant leurs centres de gravité sur l'axe, l'ellipse d'inertie de chacune de ces plaques se réduisant à un cercle. Relativement au solide équivalent, le mouvement de chacun de ces disques ou plaques consiste en une rotation uniforme. Au cas où il s'agirait non de disques, mais de lentilles on pourrait transformer certaines de ces pièces en appliquant un principe analogue [16].

Ces considérations peuvent paraître d'un intérêt exclusivement théorique. On conçoit cependant qu'elles soient de nature à éclairer certains problèmes. Par exemple, on pourrait tenter de prolonger la théorie de l'effet gyroscopique en étudiant les mouvements de dispositifs obtenus par assemblage de plusieurs gyroscopes. Une telle étude apparaît difficile en toute généralité. L'exemple que nous venons de citer prend par là-même intérêt. Dans le cas particulier en question, les axes de nos gyroscopes coïncident. Particularisons encore en supposant qu'initialement, sous l'effet de rotations qui se contrarient, le moment cinétique résultant de nos n disques par rapport à l'axe commun soit nul. D'après la décomposition du problème dynamique mise en évidence dans la présente section, cette annulation du moment cinétique résultant persistera pendant tout le mouvement : si donc l'axe est primitivement incliné, ses points étant animés tout d'abord de vitesses nulles, on verra se produire la chute du système. Les oppositions entre sens de rotation, réalisées de manière à donner au moment cinétique résultant une valeur faible, feront disparaître pour le système la tendance à une fixité de son axe, ou du moins, à la tendance que possédait cet axe, dans le gyroscope unique, à ne modifier sa direction que très lentement.

On conçoit des compensations analogues dans le mouvement d'un dispositif qui s'obtiendrait en montant sur des arbres liés à une pièce solide plusieurs volants, qui par rapport à ce solide seraient animés, autour de leurs axes, de rotations choisies de manière à ce que le moment cinétique résultant soit une fraction faible du moment cinétique de la pièce subissant l'une d'entre elles. Nous allons compléter cette idée en démontrant un théorème où interviennent des considérations assez voisines : il s'agira du mouvement particulier d'un dispositif formé de solides liés entre eux de telle sorte, que moyennant certaines conditions initiales chacun d'eux se déplace comme

15. Ce théorème sera généralisé au début de la section VIII.

16. Le lecteurr pourra se reporter avec intérêt aux quatre premières parties de la seconde question d'Agrégation de 1938 (composition de Mécanique rationnelle).

s'il était libre. Un tel système peut donner lieu à des compensations du genre précédent.

V. — Un théorème sur l'association de certains mouvements gyroscopiques.

13. Nous allons considérer un solide matériel Σ : en divers points de sa périphérie, qui lui sont invariablement liés, fixons des toupies homogènes à pointe aiguë, T_1, T_2, ..., T_n, dont le mouvement ultérieur est supposé s'accomplir sans que certaines d'entre elles viennent choquer la périphérie de Σ. A l'instant initial, le solide a sa force vive nulle : les toupies T_1, ..., T_n sont animées de rotations autour de leurs axes, de telle manière que, par rapport au centre des masses du dispositif Σ, T_1, ..., T_n dans sa configuration initiale, le moment cinétique ait initialement une certaine grandeur géométrique $\vec{K_0}$. Le mouvement de l'assemblage Σ, T_1, ..., T_n abandonné en chute libre est défini par une solution, adaptée aux conditions initiales précédentes, d'un système lagrangien, formé de $3(n+2)$ équations différentielles du second ordre. La formation de ce système serait assez complexe. La solution est cependant simple. Dans le mouvement cherché, le solide Σ aura son mouvement de chute libre à partir d'un état de vitesses initiales nulles : il subira donc une translation dans laquelle chaque particule aura un mouvement rectiligne uniformément varié; quant aux toupies T_1, ..., T_n, chacune d'elles maintiendra fixe la direction de son axe et constante la vitesse angulaire de la rotation permanente qui l'anime autour de cet axe. C'est ce que nous allons justifier.

Remarquons d'abord que le mouvement ainsi proposé pour l'assemblage Σ, T_1, ..., T_n satisfait à la condition suivante : chaque partie se meut comme si elle était isolée, ou encore comme si elle échappait à l'influence dynamique des autres parties du dispositif, ou enfin comme si l'on avait rompu l'attache de chaque toupie au solide Σ. Or, ces mouvements individuels de Σ, T_1, ..., T_n tous rendus libres se produisent simultanément de manière que les contacts de Σ avec T_1, ..., T_n persistent, tout comme si les liaisons existaient. De ces mouvements individuels simultanés, nous déduisons donc un mouvement de Σ, T_1, ..., T_n, mouvement dans lequel les forces de liaison seront constamment nulles. Au cours de ce mouvement, le centre des masses G de l'assemblage demeurera fixe quant à Σ, et le moment cinétique qui correspond au mouvement de l'assemblage autour de G conservera une grandeur géométrique constante, égale à sa valeur initiale $\vec{K_0}$.

14. Finalement, la solution que nous avions annoncée trouve donc sa justification. Il importe de faire à son sujet deux remarques :

1° Le solide Σ, vu notre choix particulier des conditions initiales, se prête à un repérage particulièrement simple et assurément le meilleur du mouvement; ce solide n'est cependant pas en général le solide principal; il ne joue ce rôle que si l'on a $\vec{K_0} = 0$[17].

2° Dans le cas où $\vec{K_0} = 0$, l'étude du mouvement des toupies par rapport à Σ rentre dans une catégorie de problèmes déjà rencontrés : mouvement d'un assemblage par rapport à son solide principal. Et cependant, la justification de la solution précédente ne paraît pas devoir résulter, comme un corollaire simple, du théorème de décomposition canonique.

Enfin, il est intéressant d'indiquer que la propriété d'association qui précède met en évidence un effet possible de compensation gyroscopique. Chaque toupie conserve quant à G un moment cinétique constant et le moment cinétique résultant de l'assemblage est la somme géométrique des moments cinétiques de T_1, ..., T_n. Il y aura compensation exacte si le moment cinétique résultant quant à G est nul, cas dans lequel Σ est le solide principal, compensation approchée si le moment cinétique résultant est faible relativement aux moments cinétiques de T_1, ..., T_n : alors Σ est animé, relativement à S_0, d'un mouvement dont la force vive ne sera qu'une fraction assez faible de la force vive d'une des toupies.

VI. — Autres conséquences des décompositions canoniques.

15. Dans la section IV, nous avons reconnu la disjonction de certains problèmes dynamiques, ayant trait au mouvement d'un ensemble matériel (M), soumis à des liaisons sans frottement, en vertu desquelles subsistent k degrés de liberté de (M) par rapport à S_0 (compatibles avec l'invariabilité quant à S_0 de l'ellipsoïde central d'inertie), lorsqu'on soumet cet ensemble à de nouvelles liaisons sans frottement n'affectant que S_0 (cas du minimum libre). Nous avons supposé pareillement que les forces appliquées à (M) n'avaient un travail virtuel non nul que lors d'une modification virtuelle comportant un déplacement, par rapport au trièdre S, du solide équivalent S_0, la valeur du travail virtuel ne dépendant alors que

17. Il ne faudrait donc pas conférer au solide principal un rôle universel de *solide de meilleur repérage* : cette dernière idée peut très bien ne pas correspondre au minimum de force vive.

du déplacement correspondant de ce solide. En réalité, cette dernière hypothèse peut être remplacée par une autre plus large. La disjonction aura encore lieu si l'on suppose que le travail élémentaire a une expression de la forme

$$A\delta\xi + B\delta\eta + C\delta\zeta + D\delta\psi + E\delta\theta + F\delta\varphi$$
$$+ G_1\delta q_1 + \ldots + G_k\delta q_k.$$

A, ..., F dépendant comme précédemment des seules variables de position ξ, η, ζ, ψ, θ, φ du solide principal, et pareillement, G_1, ..., G_k dépendant des seuls paramètres q_1, ..., q_k. La démonstration est immédiate et il suffit de citer un exemple de l'utilité de cette remarque.

A cet effet, on peut imaginer un système de deux disques circulaires homogènes montés sur un même arbre, perpendiculairement à cet arbre, en admettant qu'une rotation relative d'un de ces disques par rapport à l'autre s'accompagne d'un accroissement d'énergie potentielle qui soit proportionnel à l'angle de rotation : c'est ce qu'on pourrait réaliser en enroulant un ressort autour de l'arbre, chaque extrêmité de ce ressort étant solidaire de l'un des disques, de telle manière qu'intervienne, pour une rotation relative de nos disques, l'énergie de torsion du ressort.

On peut encore songer à retrouver des résultats analogues en passant, dans les conditions indiquées de la dynamique des forces à la dynamique des percussions (cf. sect^n VII).

16. Enfin, on peut transposer la théorie que nous venons de développer en déterminant le système de référence S_0 vis-à-vis duquel l'ensemble matériel (M), possède l'énergie cinétique minima, mais en soumettant ce minimum à des liaisons affectant S_0 : par exemple, nous aurons à envisager le cas où, en vertu de ces liaisons, S_0 ne pourra prendre qu'un mouvement de rotation autour d'un point O lié à S, point auquel on peut assigner le rôle de sommet commun au trièdre S et au trièdre S_0. Nous allons nous arrêter quelques instants sur les problèmes correspondants. Mais il n'est pas nécessaire de reprendre entièrement la théorie générale, qui s'appuie sur les mêmes principes.

Au lieu de concevoir ici S_0 au simple titre de système de référence, on pourra encore le concevoir comme un solide défini, sinon par la donnée complète de la répartition de ses masses, du moins par son ellipsoïde d'inertie quant au point O. Toutefois, la dite répartition ou à défaut l'ellipsoïde précédent dépendront-ils en général du temps. Il est intéressant d'envisager les cas où cette dépendance disparaît.

En particulier il arrivera qu'on puisse définir une configuration et une répartition de masses, invariables relativement à S_0 (donc au point fixe O) sur lesquelles viennent à chaque instant s'appliquer la configuration et la répartition des masses de l'ensemble (M). Dès lors prennent une importance spéciale les deux cas suivants :

1° L'ensemble (M) est la réunion de fibres circulaires homogènes et coaxiales, l'axe commun passant par le point O.

2° L'ensemble (M) est la réunion de strates sphériques homogènes dont le centre commun est le point O.

De ces catégories, on pourrait déduire, comme dans la section III, des cas un peu plus larges, qui faute d'une répartition de masses indépendante du temps, se prêteraient cependant à l'invariabilité de l'ellipsoïde d'inertie relatif au point O.

17. C'est sur cette dernière hypothèse que nous nous appuierons, pour obtenir, comme dans la section IV, des disjonctions de problèmes dynamiques. Il s'agira du mouvement d'un ensemble matériel (M) soumis à des liaisons sans frottement, en vertu desquelles subsistent k degrés de liberté de (M) quant à S_0, compatibles avec l'invariabilité supposée, quant à S_0, de l'ellipsoïde d'inertie relatif au point O. S'il intervient alors de nouvelles liaisons, nous supposerons qu'elles n'affectent que S_0; il est en outre convenu que les forces appliquées à (M) n'ont de travail virtuel non nul que lors d'une modification virtuelle faisant effectivement tourner autour de O et quant à S le trièdre S_0, la valeur de ce travail étant complètement déterminée par le déplacement de S_0. Alors, la disjonction annoncée se produira. Elle aurait encore lieu si l'énergie potentielle qui correspond au cas précédent s'augmentait d'un terme

$$G_1\delta q_1 + \ldots + G_k\delta q_k$$

où les G_1, ..., G_k ne dépendent que de q_1, ... q_k. Pour illustrer cet énoncé général, on peut reprendre un dispositif formé de n disques (ou lentilles) montés indépendamment sur un même axe rigide, chacune de ces pièces se trouvant équivaloir dynamiquement à une répartition de révolution autour de cet axe. Imaginons qu'on fixe un point O de cet axe et qu'on abandonne l'appareil à l'action de son poids, en communiquant aux diverses pièces des rotations ayant diverses vitesses angulaires autour de l'axe dans sa position initiale. On sera dès lors conduit à résoudre le problème de Lagrange pour le solide principal S_0 du problème actuel, solide dont l'ellipsoïde d'inertie de centre O est bien déterminé, indépendamment du temps; par rapport à S_0, chacune de nos pièces (disques ou lentilles) prendra un mouvement de rotation uniforme autour de l'axe.

VII. — **Problèmes percussionnels.**

18. Nous allons considérer un dispositif ayant toujours les mêmes caractères généraux que ci-dessus. Son axe sera mobile autour d'un point fixe O, point autour duquel nous supposerons que le sustème demeure complètement libre d'effectuer une rotation quelconque. Donnons à un tel appareil des impulsions arbitraires. Le travail élémentaire des percussions correspondantes pourra toujours se mettre sous la forme

$$D\delta\psi = E\delta\theta + F\delta\varphi + G_1\delta q_1 + \ldots + G_k\delta q_k$$

les coefficients D, ..., G_k n'étant désormais définis que pour la position et configuration de notre appareil sur laquelle interviennent nos percussions. Il est alors facile de trouver le changement de l'état des vitesses par la dynamique analytique : il est clair qu'ici encore, le problème est simplifié grâce à la décomposition canonique de la force vive. On pourra donc mettre à part la recherche de la nouvelle rotation instantanée du solide équivalent.

En réalité, la méthode a une portée encore plus générale. Vu le caractère pratiquement instantané du phénomène de percussion, nous n'avons plus à nous soucier désormais d'une variabilité possible, avec le temps, du *solide équivalent actuel*, et nous pouvons, à l'exemple de Lagrange, chercher d'une manière tout à fait générale, le résultat d'impulsions appliquées à un système libre de tourner en tous sens autour d'un point fixe. Les développements donnés à cette question par Lagrange dans la seconde partie (3e section) de sa Mécanique analytique l'ont conduit à des expressions permettant d'évaluer trois vitesses angilaires de rotations, désignées par ψ, θ, φ autour des trois axes x, y, z : les accroissements de vitesses s'obtiennent en ajoutant aux termes qui proviennent de ces trois rotations « les parties qui dépendent des changements de situation des corps du système entre eux et qui sont indépendantes des rotations ».

Antérieurement à nos recherches exposées dans le présent travail, recherches auxquelles la théorie des percussions demeurait étrangère, M. Emile Jouguet avait interprété le précédent calcul de Lagrange en introduisant, comme nous l'avons fait ci-dessus, la notion de solide équivalent. Les calculs faits à cet endroit dans la *Mécanique analytique*, après avoir tenu en échec la sagacité de Joseph Bertrand, avaient été interprétés par Gaston Darboux sous une forme voisine de celle ici proposée, mais moins simple en son libellé, dans une note que le grand géomètre rédigea pour la quatrième édition de cette œuvre fameuse. Finalement, on peut donc énoncer, avec M. Em. Jouguet que les valeurs proposées par Lagrange pour ψ, θ, φ représentent les rotations du solide équivalent, produites par les impulsions données.

M. Georges Bouligand.
(Poitiers).

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

Gurney (R. W.). — **Ions in solution** (Les ions en solution). — 1 *vol. de* 206 *p. Cambridge University Press, Londres* 1937 (*Prix, relié*, 10 *sh.* 6.).

Ce petit livre nous a semblé exceptionnellement original et intéressant. L'auteur s'est proposé de montrer qu'on peut aujourd'hui se faire une représentation satisfaisante des phénomènes d'électrolyse, en utilisant hardiment les images empruntées à la théorie de Bohr et à la mécanique ondulatoire. Ceci ne signifie nullement qu'il faille se familiariser avec des modèles d'atomes compliqués ni avec des modes de calcul abstrait. A la théorie de Bohr, M. Gurney emprunte seulement l'idée fondamentale que les ions en solution comme les ions libres, possèdent des niveaux d'énergie discrets, pouvant être soit occupés soit vacants. A la mécanique quantique M. Gurney demande seulement de nous faire admettre que le passage d'un ion d'un état quantique à un autre est un problème de probabilité, la probabilité du passage étant d'autant plus grande que la barrière de potentiel qui s'y oppose est moins élevée. A l'aide de cette figuration simple M. Gurney fait d'abord comprendre l'importance des phénomènes de solvation des ions, qui correspondent à l'ionisation et à la dissociation des atomes et des molécules. Il passe de là à la formation des couches doubles en présence d'électrodes métalliques solubles et insolubles, puis à la théorie des piles, en montrant toujours que les effets de concentration restent subordonnés par rapport aux effets d'affinité électronique. Ce sont essentiellement les phénomènes d'échange qui règlent à la fois les valeurs de la force électromotrice des piles, celles de la pression osmotique, de la conductibilité, etc. A cet égard la théorie de Debye-Hückel sur la dissociation ionique en solution étendue s'interprète aisément comme

un commencement d'organisation à l'intérieur de la solution sous l'effet des attractions électrostatiques, et on voit bien le lien qui les rattache aux structures des ions. L'exposé de ces questions et de beaucoup d'autres est fait par M. Gurney avec une clarté parfaite, et facilité par la présentation de schémas très simples qui rendent les explications presque intuitives. Cette simplicité ne masque aucunement ni la complexité réelle des effets, ni la nécessité d'une théorie plus détaillée lorsqu'il s'agit des solutions concentrées. M. Gurney nous laisse espérer qu'un second volume sera consacré à ces compléments. Dès à présent le volume qu'il nous a donné est un guide infiniment sûr et très attachant pour celui qui veut explorer les problèmes si difficiles de l'état liquide.

Léon Bloch.

Robinson (Clark Shove). — **La récupération des solvants volatils.** *Traduit de l'anglais et augmenté d'un supplément par* Georges Genin. xxiv-307 *pages* (16 × 25). *Dunod,* 1937.

L'ouvrage de M. Robinson, dont la 1re éd. américaine date de 1922, reste aujourd'hui encore le meilleur travail d'ensemble sur la récupération des solvants. Les dix premiers chapitres sont réservés aux questions d'ordre général : lois des gaz et vapeurs, distillation, condensation, adsorption. Les chapitres suivants traitent des différentes techniques de récupération; la description des divers types d'appareillage est illustrée de nombreuses figures. Les calculs sont présentés dans l'appareil mathématique le plus simple et chacun d'eux est illustré par une application numérique correspondant à un cas pratique. Sous une telle forme, l'ouvrage est immédiatement utilisable par le technicien de fabrication.

La partie originale de cette nouvelle édition réside dans le supplément d'une centaine de pages consacré par M. Genin aux progrès réalisés depuis la parution de la 1re éd. de sa traduction (1928). Les procédés de récupération par adsorption y sont longuement décrits, ainsi que les méthodes de contrôle des installations au laboratoire, et l'économie comparée des différents procédés.

Une abondante bibliographie de la presse technique et des brevets des différentes nationalités, tenue à jour, dans le supplément, jusqu'en 1936, permet un recours immédiat aux travaux originaux.

A. Honnelaitre.

2° Divers.

Dive (Pierre). — **Le Principe de Relativité selon Poincaré et la Mécanique Invariante de Le Roux,** — 1 *brochure de* 65 *pages* 16 × 25. *Dunod, Paris,* 1938 (*Prix : 17 fr.*).

M. P. Dive a déjà publié d'intéressants travaux sur les Rotations internes des astres fluides, sur la Dérive des continents et les mouvements intratelluriques. Il étudie ici le problème beaucoup plus abstrait et plus difficile de la Relativité, en se limitant d'ailleurs au cas simple de la relativité restreinte d'Einstein. Son effort est surtout un effort de clarification historique. Félicitons-le de n'avoir pas ajouté son nom à la liste trop longue des mathématiciens français qui ont démontré qu'Einstein s'est trompé. Félicitons-le plus sincèrement encore d'avoir recherché s'il n'est pas possible de raccorder les vues d'Einstein aux pressentiments si clairvoyants de Poincaré et aux remarques profondes de Le Roux. La notion d'invariance, mise par ces savants à la base de leurs spéculations, joue en effet un rôle fondamental dans la conception einsteinienne de l'Univers. Mais le lecteur s'apercevra aisément qu'elle ne lui est pas équivalente, et ne permet pas de retrouver déductivement les résultats révolutionnaires dus à l'intuition d'Einstein.

Léon Bloch.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 11 Avril 1938.

1° Sciences mathématiques. — **G. Giraud** : Nouvelle extension d'un type de problèmes relatifs aux équations du type elliptique. — **M. Brelot** : Le problème de Dirichlet et les fonctions sous-harmoniques. — **B. Germansky** : Les systèmes de points de Fekete d'un arc de cercle. — **L. Escande** : Nouvelles recherches théoriques sur l'écoulement par vanne de fond.

2° Sciences physiques. — **H. Deslandres** : Constante universelle des spectres de bandes. — Mme **M. Moreau-Hanot** : Transport d'ions par un courant gazeux. — **H. von Halban jr** : Energie et intensités des photoneutrons, du beryllium et du deuton. — **R. Servant** et **B. Tsaï** : Appareil à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques. — **P. Lambert** et **J. Lecomte** : Les spectres d'absorption infrarouges de carbures aliphatiques isomères. — **M. Brutzcus** : Les formules structurelles des hydrocarbures non saturés. — **Et. Canals** et **P. Peyrot** : Spectre Raman de quelques poudres cristallines. — **L. Roger** : Etude d'un complexe d'iodures de Pb et de Li. — **M.-M. Janot** et **R. Goutarel** : La corynanthéine. — **D. Duveen** : Changements anionotropiques des alcools (+) et (—) α-phénylallyliques.

Séance du 20 Avril 1938.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **A. Haarbleicher** : Sur les triangles de Poncelet.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — Mlle **M. Quintin** : Hydrolyse des solutions de benzène sulfonate de Cd. — **A. Mercier** et **T. Gustafson** : Remarque sur l'énergie propre de l'électron, — **S. Nikitine** : Contrib. à la théorie du photodichroïsme.

Séance du 25 Avril 1938.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **G. Giraud** : Les problèmes du type de Dirichlet. — **P. Lévy** : Définition des lois de probabilité par leurs projections. — **C. Pauc** : Unification des processus générateurs des divers contingents et paratingents. — **A. Gorny** : Maxima des modules d'une fonction et de ses dérivées. — **J. Haag** : Formules asymptotiques concernant les oscillations de relaxation.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **J. Mariani** : Interprétation possible des champs magnétiques terrestre et solaire. — **A. Blondel** : Appareil comparateur des flux lumineux des sources de lumière. — **R. Chevallier** et Mlle **S. Mathieu** : Adsorption dans la précipitation de l'hydroxyde à partir du sulfate ferrique. — **A. Michel** et Mlle **M. Gallissot** : Relation entre l'état de cristallisation et l'amplitude de l'anomalie thermomagnétique de la lépidocrocite. — **M. Bayen** : Mesure de la dispersion ultraviolette de l'eau entre 6° et 35° C. — **F. Joliot** et **I. Zlotowski** : Formation d'un isotope 5 de l'hélium lors des collisions entre hélions et deutérons. — **V.-M. Mitchovitch** : Sur la constitution des acides quinaldiniques. — **A. Kirrmann** et **J. Lichtenberger** : Structure de quelques aldéhydes halogénées et d'un dérivé méthoxylé. — **M. Battegay** et **R. Krebs** : Les éthers thiolcarbamiques (alcoyl-S-thiouréthanes) et leurs transformations en halogénures d'acides alcoyl-sulfoniques. — **E. Légé** : Sur la transformation des matières oléagineuses en mélanges de carbures.

Séance du 2 Mai 1938.

SCIENCES NATURELLES. — MM. **Mahmoud Ghali** et **Robert Bureau** : *La teneur en limon des eaux du Nil, leur niveau et leur enregistrement à distance.* — M. **Paul Bertrand** : *L'apparition successive des végétaux vasculaires et leur adaptation instantanée.* — M. et Mme **Fernand Moreau** : *Nouvelles observations sur la formation hormonale des périthèces chez les* Neurospora. — M. **Roger Ulrich** : *Comparaison des lipides accumulés dans les péricarpes verts et dans l'albumen des graines de lierre* (Hedera Helix). — MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac** : *Comment, à des stades physiologiques définis, se maintient, dans des variétés et des milieux divers, l'individualité chimique de la tige et de l'épi chez le Blé.* — Mlle **Marie-Thérèse François** : *Sur les caractères des huiles d'*Aleurites *et leurs rapports avec les méthodes de préparation.* — M. et Mme **Pierre Allorge** : *Sur la présence d'Hépatiques épiphylles aux îles Açores.* — MM. **Paul Ancel** et **Pierre Witemberger** : *Sur les facteurs du déterminisme de la symétrie bilatérale dans l'œuf de* Rana fusca. — MM. **Etienne Burnet** et **Jean Debiesse** : *Diagnostic des espèces du genre* Brucella *par le spectre d'absorption des bouillons de culture.* — MM. **Jean Vieuchange** et **Mladen Païc** : *Action de l'ultracentrifugation sur les anticorps neutralisants des immunsérums antivaccinaux.*

Séance du 9 Mai 1938.

M. **Victor Madsen** : *A propos de la chaîne calédonienne du Groenland septentrional.* — M. **Christian Poulsen** : *A propos de l'Ozarkien au Groenland.* — MM. **Georges Choubert** et **Louis Neltner** : *Sur le Précambrien de l'Anti-Atlas occidental.* — M. **Jean Feldmann** et Mlles **Geneviève Mazoyer** : *Sur les ioduques de l'*Asparagopsis armata *Harvey.* — M. **Jean Renaud** : *Sur l'existence du dicaryon chez un* Saccharomyces *isolé du vin.* — Mlle **Berthe Delaporte** et **Nadia Roukhelman** : *Sur la présence de la thymine dans l'acide nucléique extrait de la Levure. Recherches cytologiques et chimiques.* — M. **Pierre Chouard** : *Production expérimentale de bourgeons sous l'effet des hétéroauxines.* — M. **René Souèges** : *Embryogénie des Illécébracées. Développement de l'embryon chez le* Scleranthus perennis L. — M. **Jean Cuzin** : *Sur la mise en évidence de constances remarquables dans le régime de croissance des germinations des pollens.* — Mme **Cécile Sosa-Bourdouil** : *Sur la composition comparée des spores et des pollens des plantes vasculaires.* — M. **Raymond Cahen** et Mme **Andrée Tronchon** : *Action du zinc sur les effets oestrogènes de la folliculine chez la rate ovariectomisée.* — Mme **Véra Dantchakoff** : *Sur le mécanisme des déviations sexuelles dans une femelle génétique à la suite : a) de testostérinisation; b) du free-martinisme; c) des tumeurs de la surrénale (virilisme).* — MM. **Auguste Sartory**, **René Sartory** et **Jacques Meyer** : *De l'influence de certaines vitamines hydrosolubles sur la vitesse de croissance de diverses bactéries cocciformes.* — M. **André Boivin** et Mme **Lydia Mesrobeanu** : *Sur la nature chimique et sur les propriétés biologiques de l'antigène Vi du bacille typhique.*

Séance du 16 Mai 1938.

M. **Raymond Furon** : *Observations sur le Nummulitique de la Perse orientale.* — M. **Antoine Bonté** : *Phénomènes de remaniement dans les nodules phosphatés du Toarcien de l'Echelle (Ardennes).* — M. **Pierre Comte** : *Les faciès du Devonien supérieur dans la Cordillère cantabrique.* — M. **Paul Walter** : *Etude sur la résistivité de l'eau de la Marne, à proximité de son confluent avec la Seine.* — M. **Vladimir Frolow** : *La composante annuelle de la température maximum au Maroc.* — M. **Jean Feldmann** : *Sur un nouveau genre de Siphonocladacées.* — M. **Fernand Obaton** : *Mesure de la brillance des* Photobacterium *en fonction de leur développement.* — M. **André Mirimanoff** et Mlle **Anne Raffy** : *Obtention de la flavine à l'état cristallisé à partir d'*Eremothecium Ashbyii. — M. **Emile-F. Terroine** et Mlle **Berthe Nataf** : *Le rôle du système réticulo-endothélial dans le métabolisme azoté.* — MM. **Dikran G. Dervichian** et **Michel Machebœuf** : *Sur l'existence d'une couche monomoléculaire de substances lipoïdiques à la surface des globules rouges du sang.* — M. **Léon**

Velluz : *Etude de comparaison, dans la série polycyclique, entre l'oxydabilité réversible et le pouvoir carcinogénétique.* — M. **Georges Denigès** : *Nouvelle réaction de la cystine applicable à son dosage et à sa recherche immédiate dans les calculs et concrétions urinaires.*

Séance du 23 Mai.

MM. **P. Boischot G. Drouineau** : *Sur la présence et la constitution de concrétions ferrugineuses dans un sol Méditerranéen.* — MM. **Georges Choubert** et **Louis Neltner** : *Les phénomènes d'intrusion et de métamorphisme dans le Précambrien de Kerdrous (Maroc).* — M. **Maurice Roques** : *Découverte de calcaires à entroques et de roches éruptives basiques dans les schistes métamorphiques de Génis (Dordogne).* — MM. **Jean Coulomb** et **Georges Dugast** : *Sur les variations du magnétisme terrestre accompagnant les éruptions chromosphériques.* — M. **Pierre Bernard** : *Le cycle solaire dans l'agitation microséismique.* — M. **Paul Becquerel** *La congélation cellulaire et la synthèse.* — Mme **Lucienne Lavier-George** : *Anomalies florales chez* Narcissus pseudonarcissus — MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret** : *Observations sur l'action de divers colorants sur les cellules végétales vivantes.* — MM. **Pierre Lassablière, Maurice Uzan** et **Alain Monnet** : *Pouvoir trophophylactique de certaines huiles comestibles vis-à-vis des substances toxiques.* — Mlle **Andrée Durivault** : *Première contribution à l'étude de l'action des sels de calcium sur l'*Alcyonium palmatum *Pallas.* — MM. **Achille Urbain, Raymond Cahen** et **Jean Servier** : *Point cryoscopique du sérum de divers mammifères.*

Séance du 30 Mai.

M. **Ernest Chaput** : *Le Permien et l'Eocène dans le Sud-Ouest de l'Anatolie intérieure.* — M. **Soubhi Mazloum** : *Analyse des composantes de l'Afrin à Midanki.* — M. **Louis Glangeaud** : *Sur une méthode d'étude des troubles en suspension dans les estuaires et les fleuves.* — M. **René Bernard** : *Sur la formation d'atomes libres de sodium dans la haute atmosphère.* — Mlle **Aline Dusseau** : *Premières cultures de champignons sur cellophanes.* — MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret** : *Culture de végétaux en milieux additionnés de colorants. Degré de toxicité des colorants.* — M. **Emile Michel Durand** : *Les principes phosphorés du pollen.* — M. **Joseph Lefèvre** : *Sur la présence normale d'acides indoliques et particulièrement de l'acide indol-3-acétique dans diverses plantes supérieures.* — M. **Jacques-Lucien Monod** et Mlle **Yvette Neefs** : *Extraction et dosage du pigment de l'œil de la Drosophile.* — MM. **Maurice Fontaine** et **René-Guy Busnel** : *Répartition de la flavine et des substances à fluorescence bleue dans la peau et les écailles de quelques Poissons d'eau douce.* — M. **Albert Peyron** : *Sur la présence des cellules génitales primordiales dans les boutons embryonnaires des embryomes parthénogénétiques chez l'homme.* — MM. **Philippe L'Héritier** et **Georges Teissier** : *Transmission héréditaire de la sensibilité au gaz carbonique chez la Drosophile.* — MM. **Marius Piéry, Jean Enselme** et Mlle **Simone Petel** : *Recherches au sujet de l'influence des eaux minérales sur la respiration tissulaire. Rôle des ions potassium et des ions ferriques. Action d'une eau minérale ferrugineuse.* — MM. **Jean Cuillé** et **Paul-Louis Chelle** : *La tremblante du mouton est-elle déterminée par un virus filtrable.*

Séance du 8 Juin 1938.

1° Sciences mathématiques. — **E. Cartan** : Les espaces généralisés et l'intégration de certaines classes d'équations différentielles. — **M. Krasner** : Une généralisation de la théorie locale des corps de classes. — **Th. Motzkin** : Sur les arcs plans dont les courbes osculatrices ne se coupent pas. — **N. Bourbaki** : Sur les espaces de Banach. — **H. Behnke** et **K. Stein** : Suites convergentes de domaines d'holomorphie. — **H. Pailloux** : Equilibre de certaines membranes déformables. — **L. Escande** : Nouv. rech. expérim. sur l'écoulement par vanne de fond.

2° Sciences physiques. — **H. Devaux** et **L. Pallu** : Une représentation macroscopique des lames monomoléculaires et leur comportement à divers états de compression — **J. Géhéniau** : Etude de l'interaction entre un photon et un électron par la mécanique ondulatoire. — Mme **M.-A. Tonnelat-Baudot** : L'équation de propagation du photon dans un espace non euclidien. — **M. Bayen** : Mesure de la dispersion de réfraction ultra-violette de l'eau lourde. — **M. Parodi** : Sur les vibrations de quelques dérivés du fluor. — **J. Rouvillois** et **H. Muraour** : Etude de la transformation d'un spectre de bandes en spectre continu sous l'influence de la pression. — **P. Auger, R. Maze** et Mlle **Th. Grivet-Meyer** : Grandes gerbes cosmiques atmosphériques contenant des corpuscules ultra-pénétrants. — **H. Muraour** et **G. Aunis** : Vérification de la loi de combustion par couches parallèles des poudres colloïdales. — **E Moles**, Mlle **T. Toral** et **M.-A. Escribano** : La densité-limite du gaz SO^2. Poids atomique du soufre. — **Th. Peczalski** : Sublimation et diffusion mutuelle des sels et des métaux. — **M. Brutzcus** : Sur la théorie de la catalyse hétérogène. — **A. Boullé** : Sur le tétramétaphosphate de sodium. — Mlle **Fr. Bloch** : Constitution des thio-acides. — **Z. Ch. Glacet** et **J. Wieman** : Réductions duplicatives. — **A. Silberstein** : Structure cristalline du cupridiammoniotétrachlorure d'ammonium.

M. **Gilbert Mathieu** : *Découverte d'une faune ordovicienne dans le synclinal de Saint-Pierre du Chemin (Vendée).* — M. **Pierre Comte** : *La transgression du Famennien supérieur dans la Cordillière cantabrique.* — M. **André Cailleux** : *Galets façonnés par le vent au Quaternaire dans le sud de la Bretagne.* — M. **Louis Besse** : *Etude expérimentale de la vitesse de chute de parcelles planes en milieu visqueux.* — MM. **Georges Déjardin** et **René Bernard** : *Les bandes de la molécule OH dans le spectre du ciel nocturne.* — M. **André Renaud** : *Un halo à la surface de la neige.* — M. **Pierre Dangeard** : *Sur la numération des chromocentres dans le noyau quiescent ou interphasique.* — MM. **J. Rabaté** et **A. Gourévitch** : *Sur la présence de l'acide tartrique gauche dans les feuilles et les fruits de* Bauhinia reti-

culata *D. C.* — **Ottavio Munerati** : *Possibilité de forcer les betteraves mères à émettre des tiges en dehors du temps normal.* — M. **Philippe Joyet-Lavergne** : *Le mécanisme de l'action des rayons X sur le cytoplasme de la cellule.* — Mlle **Paulette Berthier** : *Action des électrolytes sur la tension superficielle des solutions de saponine.* — MM. **Georges Mouriquand, Jacques Rollet** et Mlle **Adela Pape** : *Sur l'avitaminose A chronique.*

Séance du 13 *Juin* 1938.

M. le Président annonce le décès de M. **Ch.-Ed. Guillaume**, correspondant pour la Section de Physique, et celui de M. **J. A. L. Waddell**, correspondant pour la Section de Mécanique. — Sir **William Bragg** est élu Associé étranger,

1° Sciences mathématiques. — **J. Delsarte** : Sur certaines transformations fonctionnelles relatives aux équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre. — **N. Cioranescu** : Une généralisation de la première formule de la moyenne et les polynomes de Tchebichef. — **K.-P. Lee** : Sur les valeurs multiples et les directions de Borel des fonctions méromorphes. — **A. Pfluger** : Variation de l'argument et distribution des zéros d'une certaine classe de fonctions analytiques. — **L. Lecornu** : Tensions éprouvées par l'enveloppe d'un ballon ellipsoïdal. — **J. Luneau** : Influence de la pression sur la résistance au mouvement dans l'air pour les très faibles valeurs du nombre de Reynolds. — **G. Dedebant** et **Ph. Wehrlé** : Les équations aux valeurs probables d'un fluide turbulent. — **L. Reingold** : Calcul des températures et pressions maxima instantanées dans les moteurs à explosion.

2° Sciences physiques. — **F. Charron** : Répartition de la chaleur entre deux corps frottants. — **R. Jouaust, M. Picard** et **R. Héron** : Détermin. du rapport de l'ohm international à l'ohm absolu. — **P. Grivet** : Un phénomène nouveau dans le fonctionnement de la cellule photoélectrique en haute fréquence. — **V. Sinn** : Les réactions à l'électrode positive de l'accumulateur au plomb. — **J. de Lassus Saint-Genies** : Les conditions de la projection correcte des films gaufrés. — **P. Gesteau** : Méthode d'analyse quantitative de substances en solution par leur spectre d'absorption ultraviolet. — **G. A. Boutry** et **J. Gillod** : Propriétés d'un nouveau type de cellule photoémissive. — **M. Matricon** : Application de la méthode de champ self-consistent aux noyaux atomiques. — **R. Freymann** : Présence de la bande d'absorption infrarouge $(OH)_s$ dans la liaison hydrogène intramoléculaire. — **P. Laffitte** : La projection de la flamme dans les mélanges gazeux et le phénomène du choc dans les moteurs à explosion. — **G. Carpéni** : Préparation, électrométrie et spectrographie dans l'ultraviolet de l'acide *d*-arabo-ascorbique. — **L. Hackspill** et **L. A. van Altnea** : Action du Cs sur CO. — **A.-A. Sanfourche** : Préparation et propriétés du phosphate neutre de Li. — **R. Lespieau** : Synthèse de l'adonite. — Mme **Y. Khouvine, G. Arragon** et **Y. Tomoda** : Oxydation nitrique du tétraméthyl-α*d*-méthyltagatoside. — Mlle **D. Biquard** : Sur le spectre Raman de l'indanone.

MM. **Charles-Emile Brazier** et **Léonide Génaux** : *Sur le séisme du 11 juin 1938.* — M. **Mengli Enikeff** : *Recherches sur les eaux souterraines du delta intérieur du Niger.* — MM. **Henri Brandstetter** et **Jean Lagrula** : *Valeurs de l'inclinaison magnétique au Sahara et au Soudan.* — M. **René Souèges** : *Embryogénie des Nyctaginacées. Développement de l'embryon chez* l'Oxybaphus viscosus. *L'Hérit.* MM. **Marc Simonet** et **Pierre Dansereau** : *Sur plusieurs mutations tétraploïdes de* Petunia *apparues après traitement à la colchicine.* — M. **Walter Riese** : *Structure et fonction du cerveau de l'Ours nouveau-né.* — MM. **Fernand Le Chuiton, Charles Mistral** et **Jean Dubreuil** : *Essais de vaccination du porc avec le virus de la peste porcine passé par cobaye. Perte de virulence rapide pour le porc et aussi du pouvoir antigénique vis-à-vis du virus porcin original.*

Séance du 20 *Juin* 1938.

M. le Président annonce le décès de M. **W.-W. Campbell**, correspondant pour la Section d'Astronomie. — M. **E.-G. Barrillon** est élu membre de la Section de Géographie et Navigation. — M. **Th.-H. Morgan** est élu Associé étranger.

1° Sciences mathématiques. — **Ch. Pisot** : Quelques approximations rationnelles caractéristiques des nombres algébriques. — **H. Laugier** et Mlle **D. Weinberg** : Essai d'analyse factorielle de notes de baccalauréat. Relations entre les notes des différentes épreuves écrites. — **B. d'Orgeval** : Une construction des plans multiples représentatifs des surfaces algébriques de genres 1. — **R. Potier** : Sur les espaces abstraits à connexion affine. — **F. Roger** : Sur certains types d'ensembles de mesure nulle. — **A. Gorny** : Sur les fonctions indéfiniment dérivables. — **N. Obrechkoff** : Les fonctions entières limites de polynomes dont les zéros sont réels et entrelacés. — **R. Esnault-Pelterie** : Le rendement des machines thermiques. — **Ed. Brun** : Mesure des pressions sur un corps en rotation dans l'air. — **L. Viaud** : Etude en soufflerie des caractéristiques aérodynamiques de quelques dispositifs hypersustentateurs placés au voisinage du sol.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 11-38.